



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

NIKLAS TAVASTI
RAKENNUSHANKKEEN TIETOMALLITYÖSKENTELYN
SUORITUSKYVYN ARVIOINTI INTERACTIVE CAPABILITY
MATURITY MODEL-MENETELMÄLLÄ

Diplomityö

Tarkastaja: Kalle Kähkönen

TIIVISTELMÄ

Niklas Tavasti: Rakennushankkeen tietomallityöskentelyn suorituskyvyn arviointi Interactive Capability Maturity Model-menetelmällä
 Tampereen teknillinen yliopisto
 Diplomityö, 90 sivua, 12 liitesivua
 Heinäkuu 2016
 Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
 Pääaine: Rakennustuotanto
 Tarkastaja: Kalle Kähkönen
 Avainsanat: Tietomalli, BIM, suorituskky, kypsyysmalli

Capability Maturity Model on ohjelmistokehityksessä yleisesti käytetty kypsyysmalli, jonka avulla organisaatiot pystyvät kehittämään ohjelmistotuotannon prosesseja. Menetelmää on ohjelmistotuotannon lisäksi käytetty useilla teollisuuden aloilla, joissa sen on osoitettu tehostavan toimintaprosesseja parantamalla työn tehokkuutta ja kannattavuutta. Jatkokehitetty Interactive Capability Maturity Model on osa yhdysvaltalaisesta National Building Information Standard-kokoelmaa. Tässä tutkimuksessa valittua menetelmää hyödynnetään suomalaisen rakennushankkeen tietomallityöskentelyn arvioinnissa. Tavoitteena on mitata ja kehittää tutkimuskohteen projektinjohtourakoitsijan tietomallityöskentelyä sekä arvioida käytetyn menetelmän soveltuvuutta suomalaisten rakennushankkeiden arviointiin.

Tutkimuksessa perehdytään käytettyyn menetelmään ja sen sisältämiin arviointikriteereihin kirjallisuustutkielman muodossa sekä avataan arviointikriteerien sisältämiä käsitteitä. Haastatteleamalla hankkeiden tietomallityöskentelyssä mukana olleita projektinjohtourakoitsijan toimihenkilöitä kerätään tietoa tietomallin käytöstä sekä suoritetaan haastateltavien toimesta hankearviointi menetelmän suorituskkykategorioiden mukaisesti. Tulosten pohjalta esitetään kehitettäviä osa-alueita ja arvioidaan menetelmän tuloksia suhteessa koettuun suorituskkyyn. Tutkimuskohde koostui kahdesta työmaasta, joiden välillä suunnittelu-, projektinjohto- ja valvontaorganisaatiot olivat samoja. Vähäisten tietomallityöskentelyyn vaikuttavien eroavaisuuksien ansiosta kohteita pystyttiin arvioimaan yhtenä kokonaisuutena.

Menetelmän tulokset esittivät tutkittavien kohteiden tietomallityöskentelyn suorituskkyvyn ja osoittivat kategoriakohtaisesti sen vahvuudet sekä heikkoudet. Tulosten avulla pystyttiin tunnistamaan sellaisia tekijöitä, joiden tärkeyttä tietomallityöskentelylle ei ollut aikaisemmin täysin tunnistettu. Tulosten koettiin olevan koettua suorituskkyä vastaavia ja menetelmän nähtiin kuvaavan laaja-alaisesti tietomallityöskentelyn eri osa-alueita. Menetelmän esittämät kehitysehdotukset vastasivat osin jo etukäteen tehtyjä toimenpiteitä, mikä yhdessä tulosten ja kokemusten samankaltaisuuden kanssa lisäsi organisaation luottamusta esitettyihin tuloksiin. Tutkimuksessa luotiin myös prosessikaavio, jonka avulla tutkittiin havaittujen tietomallitoimintojen laatua ja laajuutta hankkeissa.

Menetelmän avulla pystyttiin saamaan uutta tietoa tutkittavien hankkeiden tietomallityöskentelystä ja -toiminnoista. Tulosten pohjalta käynnistettiin kehitystoimenpiteitä, joita tullaan tarkastelemaan uudelleen tulevaisuudessa. Menetelmää voidaan tutkimuksen valossa menestyksekkäästi hyödyntää suomalaisessa rakentamisessa, mutta menetelmän käyttö edellyttää laajaa perehtymistä kategorioiden sisältöön ennen suorituskkyvyn arviointia.

ABSTRACT

Niklas Tavasti: Measuring the BIM-performance of a Construction Project Using Interactive Capability Maturity Model

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 90 pages, 12 appendix pages

July 2016

Master's Degree Programme in Construction Technology

Major: Construction Production

Examiner: Kalle Kähkönen

Keywords: Building Information Model, BIM, performance, maturity model

Capability Maturity Model is commonly used in software development, where it helps organizations to develop software production processes. The model has since been engineered successfully to a number of industries where its use has been shown to enhance operational processes by improving work efficiency and profitability. One such application is the Interactive Capability Maturity Model, which is a part of the US National Building Information Standard. In this study, the interactive capability maturity model is utilized in the assessment of a Finnish BIM construction project. The primary goal is to track and develop the BIM operations of a Construction Management organization. Secondary focus is on assessing the suitability of the model in evaluating Finnish construction projects.

A literature study is conducted in order to evaluate the model and its evaluation criteria for performance assessment. Those criteria not commonly used in the industry are explored to allow for the evaluation of projects. Information concerning the projects is collected from the Field Construction Management staff performing BIM functions in the project. Interviewee's conduct maturity evaluation with the model using their own personal insight. Results obtained present the overall performance through maturity categories demonstrating the level of functionality in vital areas of BIM efficiency. These are used to highlight categories which perform poorly compared to the overall performance, and suggest development procedures to be used in future projects. Area of study consisted of two construction sites where the design, project management and surveillance organizations were near identical. Minute differences between the projects allowed the performance evaluation to be conducted as an entity. Additionally a flowchart depicting the quality and the extent of studied BIM functions was constructed.

The results present the BIM performance of studied projects and demonstrate its categorical strengths and weaknesses. Results enabled identifying factors with previously unrecognized importance to overall BIM performance. The results were thought of as equivalent between the measured and felt performance of the studied projects, and depicted it with wide length. The improvement suggestions given by the model were similar to those already laid down in new projects, which together with the overall similarity of measured and felt performance gave confidence in the received results.

The model gave new light to the BIM performance in the studied projects and led to a start of new development steps in studied Construction Management functions. The effectiveness of these steps is to be evaluated in the next projects using similar principles. The model was perceived to be capable in evaluating Finnish BIM projects. In the light of the results the model can be successfully utilized in Finnish construction, but its usage requires extensive familiarization with the content of the evaluation content within the model.

ALKUSANAT

Tämän diplomityön valmistuminen merkitsee tärkeän etapin saavuttamista elämässäni. Työn tekemisessä perehdyin tietomallityöskentelyn osa-alueisiin ja niiden suorituskyvyn arviointiin. Tutkimuksessa haastateltavien kanssa käydyt keskustelut lisäsivät ymmärrystäni tietomallintamisen käytöstä ja haasteista tietomallinnetun rakennushankkeen ohjauksessa. Diplomityön teko on pitkäaikainen ja laaja kokonaisuus, jonka läpiviennissä olen oppinut paljon tutkimuksesta, rakennushankkeen ohjauksesta ja tietomallinnetuista rakennushankkeista. Tämä oppi seuraa mukani, ja pystyn hyödyntämään työn aikana keräämääni tietoa myös tulevaisuudessa.

Vaikka tutkinnon rajaamat opinnot tulevatkin päätökseen, on elämä jatkuvaa oppimista. Mielenkiinto tekemiseen ja sen taustalla vaikuttaviin asioihin määrää suurelta osin tekemisellä saavutettavat tulokset myös muilla elämän osa-alueilla. Minulla on ollut onni työskennellä diplomityöntekijänä ja tuotantoinisinöörinä sellaisten ammattitaitoisten ja innostavien ihmisten kanssa, joiden esimerkki on motivoinut työn suoritusta ja antanut uutta näkökulmaa käsiteltävinä olleisiin asioihin.

Haluan kiittää ystäviä ja sukulaisia, jotka ovat olleet mukana tällä matkalla, ja tarjonneet arvokasta tukea opintojen ja elämän saralla. Haluan kiittää myös opettajiani ja diplomityöni ohjaajia, joiden avulla tutkimus on selkeytynyt ja täsmentynyt työn edetessä. Lisäksi haluan kiittää työn tilaajaa ja tutkittujen hankkeiden organisaatioita, jotka antoivat minulle mahdollisuuden tarkastella ensiluokkaisia rakennuskohteita osana diplomityön suoritusta. Viimeiseksi haluan kiittää tyttöystävääni Nataliaa, jonka tarjoama tuki kannusti jatkamaan eteenpäin yksinkertaisten asioiden vaikuttaessa monimutkaisilta.

Nordkappissa 24.7.2016

Niklas Tavasti

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet	2
1.3	Tutkimuksen rajaus	3
1.4	Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen toteutus	4
2	RAKENTAMISEN TIETOMALLINTAMINEN	6
2.1	Tietomallintaminen	6
2.2	Tietomallintamista ohjaavat tekijät	8
2.3	Tietomallin käyttö rakennushankkeissa	11
3	SUORITUSKYVYN ARVIOINTIMENETELMÄN VALINTA	19
3.1	Vaatimukset suorituskyvyn arviointimenetelmälle	19
3.2	Saatavilla olevat BIM-arviointimenetelmät	19
4	INTERACTIVE CAPABILITY MATURITY MODEL-MENETELMÄ	25
4.1	Capability Maturity Model ja kypsyysmallit	25
4.2	Interactive Capability Maturity Model	26
4.3	Arvioitavat osa-alueet	29
4.4	Tietosisällön runsaus	30
5	TUTKIMUSKOHDDE	52
5.1	Tutkittavat työmaat	52
5.2	Tutkimusmetodologia	53
6	TULOSTEN KÄSITTELY	56
6.1	Haastattelutulokset	56
6.2	Painotettu suorituskyky	68
6.3	Painottamaton suorituskyky ja BIM-minimi	73
6.4	Hankkeen tietomallitoiminnot	76
6.5	Tietomallityöskentelyn kehittäminen	78
6.6	Palaute menetelmän tuloksista	79
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	81
7.1	Tutkimustulokset	81
7.2	Tulosten arviointi	82
7.3	Jatkokehitysehdotukset	83
	LÄHTEET	85
	LIITTEET	

Liite 1 – Haastattelurunko

Liite 2 – I-CMM-kategoriat

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Rakentamisen tietomallien (BIM, Building Information Modeling) käyttöä ja hyödyntämistä ohjaamaan on eri maissa perustettu useita kansallisia standardeja ja taustaorganisaatioita, jotka vakioivat alalla tapahtuvaa tietomallityöskentelyä. Tietomallintaminen on viime aikoina kasvattanut osuuttaan kotimaisessa rakentamisessa ja sen käytön voidaan odottaa lisääntyvän myös tulevaisuudessa (Rakennustietosäätiö 2013). Jotta tietomallityöskentelyä voitaisiin ohjata nykyistä paremmin palvelemaan hankkeen eri osapuolia, tulee tietomallinnuksen suorituskykyä pystyä arvioimaan luotettavasti. Havainnoimalla rakennushankkeessa tapahtuvia tietomallitoimintoja ja näistä koostuvaa hankkeen suorituskykyä pystytään kartoittamaan nykyinen suoritustaso ja edelleen kehittämään tarkasteltuja toimintoja vastaamaan paremmin niille asetettuihin odotuksiin.

Yhdysvaltalaisen National Building Information Modeling Standard-tietomallinnusstandardin (NBIMS) osana on tietomallinnushankkeiden suorituskyvyn arviointiin käytetty Interactive Capability Maturity Model-menetelmä (I-CMM). I-CMM:n kehitystyö on hyödyntänyt sen edeltäjänä toimineen ohjelmistokehityksessä käytetyn Capability Maturity Modelin kehitystyötä ja asettanut uuden mittapuun vastaamaan rakennusalan tietomallinnushankkeissa havaittuihin erikoistarpeisiin. I-CMM tunnistaa yksitoista rakennushankkeen suorituskykyyn ja läpivientiin vaikuttavaa kategoriaa, joiden pisteityksellä pystytään arvioimaan hankkeen tietomallityöskentelyn tuloksia rakennushankkeen koko elinkaaren aikana. Menetelmän suurimpia käyttäjiä ovat Yhdysvaltain General Services Administration sekä armeijan insinöörijaosto US Army Corps of Engineers. Tutkittaessa yhdysvaltalaisia mallinnushankkeita (NBIMS V2.0, McCuen et al 2011, Hamdi & Leite 2012) menetelmä on osoittautunut tehokkaaksi ja täsmälliseksi työkaluksi hankkeiden BIM-suorituskyvyn arvioinnissa. Koska menetelmä on periaatteiltaan niin sanottu kypsyysmalli, voidaan sen tuloksia käyttää suorituskyvyn mittauksen ohella myös toiminnan kehittämiseen.

National Institute of Building Sciencesin (NIBS) ylläpitämä NBIMS on amerikkalainen tietomallistandardi, joka pyrkii ohjaamaan ja edistämään tietomallityöskentelyä rakennus- ja kiinteistöalalla. Standardi käsittelee tietomallityöskentelyä suunnittelun, rakentamisen sekä käytön ja ylläpidon näkökulmasta ohjaten hanketyöskentelyä huomioimaan kiinteistöjen kokonaiselinkaari tietomallintamisessa ja mallityöskentelyssä. Kokonaiselinkaaren huomioinnissa tarkentuneet työmenetelmät ja mallivaatimuksia luovat edel-

lytykset tiedonsiirrolle rakentamisen sekä käytön ja ylläpidon välillä. Standardi ottaa huomioon ympäröivän tietoyhteiskunnan sekä tietomallisovellusten kehityksen asettaen tavoitteita näiden väliselle yhteistyölle kiinteistöjen rakentamisen ja kiinteistöekosysteemin välillä.

I-CMM-menetelmä arvioi rakennushanketta yhdentoista tietomallityöskentelyn suorituskykyyn liitetyn kategorian kautta. Suorituskyvykategoriat pisteytetään numeerisesti arvosanoihin 1-10 niille menetelmässä asetettujen sanallisten määritysten mukaisesti. Arvosanan määräytymisessä hankkeen tulee täyttää arviointikriteerit ensimmäisestä arvoasteesta havaittuun asti. Kategorioille on myös annettu painotuskertoimet, jotka kuvastavat kehitystyössä todennettuja kategorioiden painoarvoja hankkeen kokonaistulokselle. Muuttamalla näitä painotuksia pystytään menetelmää tarvittaessa mukauttamaan vastaamaan kulloiseenkin tarpeeseen. Kategoriat huomioivat mallintamisen nykyiset käytännöt ja asettavat myös vaatimuksia tuleville kehityssuunnille. Varsinkin korkeammilla tasoilla ne asettavat suurta painoarvoa kiinteistön ylläpidon ja käytön tukemiselle tietomallin avulla. Menetelmän sisältämät kategoriat laajentavat Suomessa vallitsevaa käsitystä tietomallin hyödyntämisestä rakentamisen aikana ja ohjaavat suunnittelu- ja rakennusorganisaatioita kehittämään tietomallityöskentelyään palvelemaan hankkeen tilaajaa asiakaslähtöisesti koko rakennuksen elinkaaren aikana. Menetelmän käytöstä saatujen kokemusten pohjalta se on osoitettu tehokkaaksi työkaluksi tietomallityöskentelyn toimintaprosessien tehostamisessa. Menetelmän pohjalta on kehitetty teoreettisia kehitysmekanismeja, joiden käytöllä voidaan vaikuttaa useisiin suorituskyvyn osa-alueisiin kohdentamalla parannustoimenpiteet suorituskyvyn nykytilan arvioinnin pohjalta (Morlhon et al 2015).

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

I-CMM:n kehittämisen taustalla on ollut vallitseva tarve pystyä arvioimaan tietomallinteknologian käytön ja tähän liittyvien toimintatapojen tehokkuutta rakennushankkeissa. Jotta toimintaa voidaan onnistuneesti kehittää, täytyy nykyinen suoritustaso pysyä luotettavasti todentamaan. Suorituskyvyn todentaminen on olennainen osa suorituskyvyn kehittämistä siksi, että tulosten pohjalta voidaan havaita toiminnoissa esiintyviä epäkohtia ja tehokkaasti kohdistaa kehitystoimenpiteitä näihin osa-alueisiin. Näin voidaan varmistua siitä, että kehitystoimet ovat tehokkaita ja kohdistuvat välittömästi toimintaa heikentäviin tekijöihin. Tämän tutkimustyön tavoitteena on hyödyntää I-CMM-menetelmää tutkimuskohteena toimivan rakennushankkeen BIM-työskentelyn suorituskyvyn mittauksessa ja ehdottaa tulosten pohjalta kehitystoimenpiteitä pääurakoitsijan tietomallitoiminnoissa.

Työssä tullaan koostamaan kirjallisuuden, projektidokumentaation ja kohdehaastattelujen kautta kattava kuva hankkeesta ja siinä tapahtuvasta BIM-työskentelystä. Suorituskyvyn mittausta I-CMM-menetelmällä ulotetaan hankkeen parissa työskentelevään pääurakoitsi-

jan organisaatioon sekä tukitoimintoihin, jolloin haastateltavana ryhmänä toimivat pääurakoitsijan suunnittelunohjauksesta, BIM-koordinoinnista ja työmaan tietomallityöskentelystä vastaavat henkilöt. Tämän ryhmän huomioinnilla kerätään tietoa kunkin haastateltavan kokemuksista hankkeesta ja näihin pohjautuen arvioidaan hankkeen tietomallityöskentelyn suorituskyky. Haastattelutulosten koonnilla saadaan aikaiseksi kokonaisvaltainen suorituskykyarvio BIM-työskentelystä hankkeessa. Tietomallin tuottamiseen ja käyttöön liittyvät toiminnot ja tietomallin hyödyntäminen kohteessa käsitellään I-CMM-menetelmän avulla.

Työn tulokset vastaavat tutkimuskysymyksiin *i) Millä tasolla tutkittavan hankkeen BIM-työskentely on CMM-menetelmän tulosten kautta arvioituna, ii) Minkälaisia epäkohtia kohteen BIM-työskentelyprosessissa voidaan havaita CMM-menetelmää käyttäen ja kuinka havaittuja epäkohtia tulee kehittää suorituskyvyn parantamiseksi sekä iii) Voidaanko I-CMM-menetelmää hyödyntää työkaluna tutkitun kaltaisten tietomallihankkeiden BIM-työskentelyn arvioinnissa ja kehittämisessä.* Kaksi ensimmäistä tutkimuskysymystä käsittelevät kohteen BIM-suorituskyvyn mittausta ja tuottavat tutkimukseen osallistuville yrityksille selonteon kohteen BIM-suorituskyvystä. Kolmas kysymys käsittelee I-CMM-menetelmän soveltuvuutta suomalaisten tietomallinnushankkeiden arviointiin ja todentaa menetelmän käyttöä Yhdysvaltojen ulkopuolella.

Mikäli aineiston keräyksen aikana havaitaan menetelmän ulkopuolisia havaintoja tietomallintamisesta tai hankkeen yleisestä suorituskyvystä, tullaan nämä käsittelemään osana tutkimuksen johtopäätöksiä. Suorituskykymittauksen kautta pystytään löytämään perusteltuja kehitysehdotuksia nykyisen suorituskyvyn kehittämiseksi ja parantaa organisaation kykyä vastata tulevaisuuden haasteisiin asiakaslähtöisessä palveluntarjoamisessa rakentamisen tietomallintamisessa.

1.3 Tutkimuksen rajaus

Tutkimus suoritetaan case-tutkimuksena, jonka kohteena toimivat kaksi projektinjohtourakoitsijan alaisuudessa etenevää toimitilahanketta pääkaupunkiseudulla. Hankkeet ovat arkkitehtuuriltaan korkealaatuisia ja muodostavat rakennettavan ympäristön kanssa yhtenäisen kokonaisuuden. Hankkeiden suunnittelutyöstä vastaavat välillä samat suunnittelutoimistot ja suunnittelijat ainoan toteuttavassa organisaatiossa olevan eron ollessa käytännössä projektinjohtourakoitsijan työmaaorganisaatiot ja näiden käyttämät aliurakoitsijat. Kohteilla on erilliset tilaajat, joiden edustajana toimii yhteinen rakennuttajakonsultti. Koska suunnittelu, päätoteutus ja valvonta ovat kohteiden välillä yhteneviä, voidaan BIM-työskentelyä kuvaavaa haastatteludataa saada kaksinkertainen määrä yhdellä haastattelusarjalla. Tutkimuksessa hyödynnetään rinnakkaisten kohteiden samankaltaisuutta ja yhteneviä toteuttavia organisaatioita hankkeiden välillä. Rinnakkaiset hankkeet helpottavat haastattelututkimuksen suoritusta ja tarjoavat kaksinkertaisen määrän dataa projektinjohtourakoitsijan toimintojen kartoitukselle.

Kohteissa suoritettava suunnittelutyö on tietomallipohjaista siten, että elementtisuunnittelu toteutetaan 2D-piirustuksina tietomallin ulkopuolella. Suunnittelun koordinoinnissa ja rakentamisessa tietomallia hyödynnetään erilaisin tavoin hankkeen edistämiseksi ja katkeamattoman tuotannon varmistamiseksi. Hanke hyödyntää erilaisia tietomallityöskentelyä ohjaavia prosesseja, joiden käytöllä pyritään parantamaan suunnittelun laatua ja tehostamaan rakennustyötä. Hankkeen edetessä on näistä huolimatta havaittu BIM-työskentelyssä esiintyvän vaihtelevan laatuksia haasteita, jotka heikentävät tietomallin käyttöä ja hyödyntämistä rakennushankkeissa. Suorituskyvyn mittauksella tutkittavissa hankkeissa pyritään kartoittamaan havaittujen haasteiden taustaa ja parantamaan tietomallityöskentelyä tarkasteltavan pääurakoitsijan toiminnoissa.

1.4 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen toteutus

Työn alussa tutustutaan tietomallinnuksen potentiaaliin käyttökohteisiin sekä lyhyesti läpikäydään tarjolla olevat menetelmät projektitason tietomallityöskentelyn suorituskyvyn arvioimiseksi. Tutkimuksessa perehdytään kypsyysmalleihin Capability Maturity Modelin (CMM) kautta sekä perehdytään tästä edelleen jalostetun I-CMM-menetelmän jatkokehitykseen ja käyttöön kirjallisuustutkielman muodossa. Osio toteutetaan siinä laajuudessa, mitä suorituskyvyn mittaus ja tulosten arviointi valitulla menetelmällä edellyttää. Kirjallisuustutkielmassa tutustutaan suorituskyvyn mittauksessa käytettäviin kypsyyskategorioihin sekä avataan kypsyystasojen arviointimääreissä käytettyjä termejä niiltä osin, mitkä eivät rakennusalalla ole yleisessä tiedossa. Kirjallisuustutkielman lähteineistona toimivat kohteen projektidokumentaatio, NIBS:n ylläpitämät NBIMS-aineistot sekä suomalainen Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV2012). Lisäksi hyödynnetään olemassa olevaa tutkimustietoa tietomallityöskentelystä ja tietomallityöskentelyn suorituskyvyn arviointiin käytetyistä menetelmistä. Tarvittaessa tietoa täydennetään saatavilla olevalla tutkimustiedolla tietomallintamisen, rakentamisen ja tutkimuksen aikana havaittujen ilmiöiden taustalla vaikuttavista tekijöistä.

Suorituskyvyn mittauksessa hyödynnetään edellä laadittua kirjallisuuskatsausta menetelmän kuvaaman tietomallityöskentelyn oleellisten osa-alueiden valottamiseksi. Katsauksen avulla suorituskyvyn mittaus pystytään toteuttamaan menetelmää hyödyntäen ja se toimii tarvittaessa myös oppaana menetelmän uusille käyttäjille. Kirjallisuuskatsauksen ja hankkeiden projektidokumentaatioon perehtymisen pohjalta muodostetaan haastattelurunko, jonka avulla tutkittavaa tietomallityöskentelyä arvioidaan menetelmän edellyttämässä laajuudessa. Tutkittavalta organisaatiolta kerätään tietoa hankkeista ja niissä tapahtuvasta BIM-työskentelystä. Haastattelut toteutetaan vapaamuotoisina siten, että keskustelua ohjataan yleisluontoisella osalla, joka alkaa haastateltavan hanketehtävien ja työhistorian huomioimisella ja etenee haastateltavien kokemuksiin nyt tutkituissa ja aikaisemmissa tietomallihankkeissa toimimisesta. Keskeinen osa haastattelua on hankkeiden suorituskyvyn arviointi menetelmän avulla, jossa haastattelurunon ohella haastattelija

osallistuu neutraalina osapuolena arviointiin avustaen kategorioiden sisältöön ja haastateltavalle vieraiden termien kohdalla. Kysymykset noudattavat haastattelurunkoa, mutta avoimen haastattelun ansioista hyödyntävät kunkin haastateltavan tarjoaman erityisosaimisen ja hankekokemuksen. Kategorioiden arvioinnissa esiin tulevista asioista voidaan keskustella ja olennaiset havainnot kirjata osana haastattelua.

Suorituskyvyn arvioinnissa pääpaino on hanketta toteuttavan projektinjohtourakoitsijan toiminnoissa. Suorituskyvyn arvioinnin ulkopuolella suoritetaan tietomallityöskentelyyn liittyvien osapuolten välisten toimintojen kartoitus osana haastattelututkimusta. Tavoitteena on vahvistaa menetelmän tuloksia sekä kartoittaa tietomallin nykyistä käyttöä osapuolten toimesta. Haastateltavien laatimassa ja täydentämässä prosessikaaviossa esitetään kohteen tietomallitoiminnot ja toiminnan taso eri osapuolten välillä. Menetelmän tulosten tukemiseksi kerättävän prosessikaavion ohella itse menetelmän käytöstä kerätään palautetta tutkimuksen toimeksi antaneen yrityksen edustajilta. Menetelmän tuloksiin ja käyttöön liittyvien palautekeskustelujen tarkoituksena on arvioida tulosten käytettävyyttä toiminnan kehittämisessä ja asettaa tavoitteita toiminnan jatkokäytölle tulevien tietomallihankkeiden tietomallityöskentelyn suorituskyvyn arvioimisessa.

2 RAKENTAMISEN TIETOMALLINTAMINEN

2.1 Tietomallintaminen

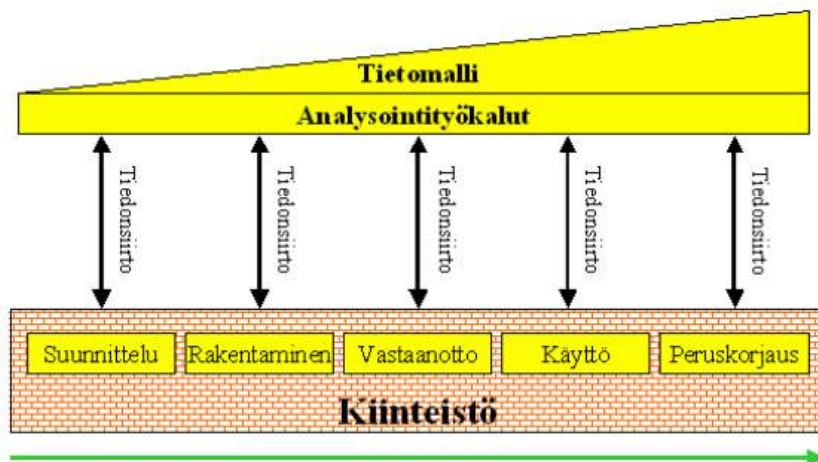
Rakennusala on pitkään etsinyt uusia tekniikoita projektien kustannusten leikkaamiseksi, tuottavuuden ja laadun parantamiseksi sekä projektien läpimenoaikojen lyhentämiseksi. Rakentamisen tietomallinnus (Building Information Modeling, BIM) omaa potentiaalia näihin tavoitteisiin ylittämiseksi, ja sen käyttö suunnittelu- ja rakentamisvaiheissa on lisääntynyt viime vuosina (Rakennustietosäätiö 2013). Tietomallinnusta hyödynnetään rakentamisessa suunnitelmien visualisoinnissa, jossa 3D-suunnitelmia voidaan luoda pikaisesti suunnitteluvaihtoehtojen esittämiseksi. Tietomallien käytöllä voidaan myös siirtää automaattisesti suunnitelmamuutokset kaikkiin tietomallia käyttäen tuotettuihin piirrokseen, mikä vähentää suunnittelutyötä ja nopeuttaa muutosten toteuttamista. 3D-visualisointien ohella tietomallia hyödynnetään suunnitelmien välisten ristiriitojen ehkäisemisessä automatisoitujen törmäystarkastelujen avulla. Rakentamisen simuloinnissa tietomallia hyödynnetään arvioimaan suunnitteluratkaisujen vaikutukset hankkeen kustannuksiin ja aikatauluun pystytään tarkasti ja nopeasti. Myös erilaisten tietomallipohjaisten tilasimulointien käyttö tehostaa suunnitteluratkaisuja ja antaa lähtötietoja perustelluille päätöksille rakennusvalinnoissa. Rakentamisen valmistuttua tietomallia pystytään hyödyntämään kiinteistönpidossa, jossa tietomallin sisältämä informaatio tarjoaa käyttäjälle tarvittavat tiedot kiinteistön tiloista, laitteista ja rakenteista. Sen avulla voidaan seurata tilojen ja laitteiden käyttöä, koordinoida kiinteistön ylläpitoa sekä valmistella kiinteistöön kohdistuvia remonteja tai korjausrakentamista. (Azhar 2011)

Kattavassa tietomallissa mallinnustyö ja tietomallin käyttö pyrkivät koostamaan rakennukseen liittyvän informaation osaksi yhteistyössä koostettavaa tietomallia. Ensisijainen BIM-käytöstä seuraava etu onkin tarkka geometrinen esitys rakennuksesta ja sen ympäristöstä avoimesti hyödynnettävässä tietomallissa (Azhar 2011, NBIMS 2007). Mallin käytöllä saavutetaan hyötyä nopeammissa ja tehokkaammissa prosesseissa rakennukseen liittyvän informaation siirtyessä avoimesti osapuolten välillä. Avoin tiedonvälitys helpottaa informaation jakoa ja lisää sen käyttökelpoisuutta. Suunnittelutyössä tietomalli edesauttaa suunnitteluehdotusten hahmottelua sekä helpottaa erilaisten analyysien ja simulointien tuotettavuutta. Simulointien avulla syntyvät suunnitteluratkaisut lisäävät innovaatiota ja voivat toimiessaan säästää sekä suunnittelu-aikaa että rakentamisen ja ylläpidon kustannuksia. Piirustusten tuottamisessa suurin hyöty saavutetaan suunnitelmamuutosten automatisoidulla päivityksellä muutokseen liittyvissä suunnitelmissa. Kun muutos tehdään tietomalliin, päivittyvät mallista tuotetut kuvat automaattisesti vastaamaan muutoksia. Tämä tietomallintamisen ominaisuus parantaa suunnittelun tasoa ja vähentää sekä suunnittelutyötä että suunnitelmaristiriidoista aiheutuvia lisäkustannuksia. Rakennusteollisuuden alihankkijat pystyvät myös hyödyntämään tietomallipohjaisia suunnitelmia

osana automatisoitua tehdastuotantoaan, mikä voi vähentää alihankintojen kustannuksia rakennushankkeissa (Grilo & Jardim-Goncalves 2010). Kiinteistön ylläpidossa tietomallin etuna on kootun suunnittelu- ja toteumainformaation keskitetty sijainti. Hankkeen elinkaarivaiheissa ylläpidetty tietomallin virtuaalinen esitys vastaa todellista rakennusta. Rakenteiden, laitteiden ja ympäristön huomioinnilla voidaan kiinteistön käyttökustannukset ennustaa varhaisessa vaiheessa hanketta mikä helpottaa kiinteistösijoituksen arviointia ja hankkeen kulurakenteen ja käyttökustannusten kokonaisvaltaista arviointia (Azhar 2011).

Tietomallinnus voidaan rakennushankkeessa nähdä suunnittelutyökalun sijasta dynaamisena prosessina, jossa hankkeen edetessä osapuolet muokkaavat tietomallia vastaamaan edennyttä suunnittelua sekä toteutuneita rakennustöitä. Ajantasainen, jatkuvasti kehittyvä ja rakentamisen toteutuksessa vastaan tulevat muutokset huomioiva rakentamisen tietomallinnus tuottaa luotettavaa ja paikkansapitävää informaatiota hankkeen osapuolien käyttöön. Koska kattava tietosisältö on kaikkien projektissa mukana olevien toimijoiden käytössä, voidaan sen avulla välittää tietoa hankkeen osa-alueista kaikissa vaiheissa kiinteistön elinkaarta (Kuva 1). Tietomallityöskentelyn avulla tilaaja voi sisäistää hankkeen luonteen ja erityispiirteet sekä muodostaa kattavan kokonaiskuvan hankkeen edistymisestä ja tarpeista. Tietomallipohjainen suunnittelu hyötyy suunnittelutyön ja rakennepäästösten tehostumisesta sekä erilaisista mallipohjaisista analyyseistä.

Tiedonsiirto ja -hallinta rakennuksen elinkaaren aikana



Kuva 1. Tietomalli kiinteistön elinkaaren vaiheissa (Heinonen 2006)

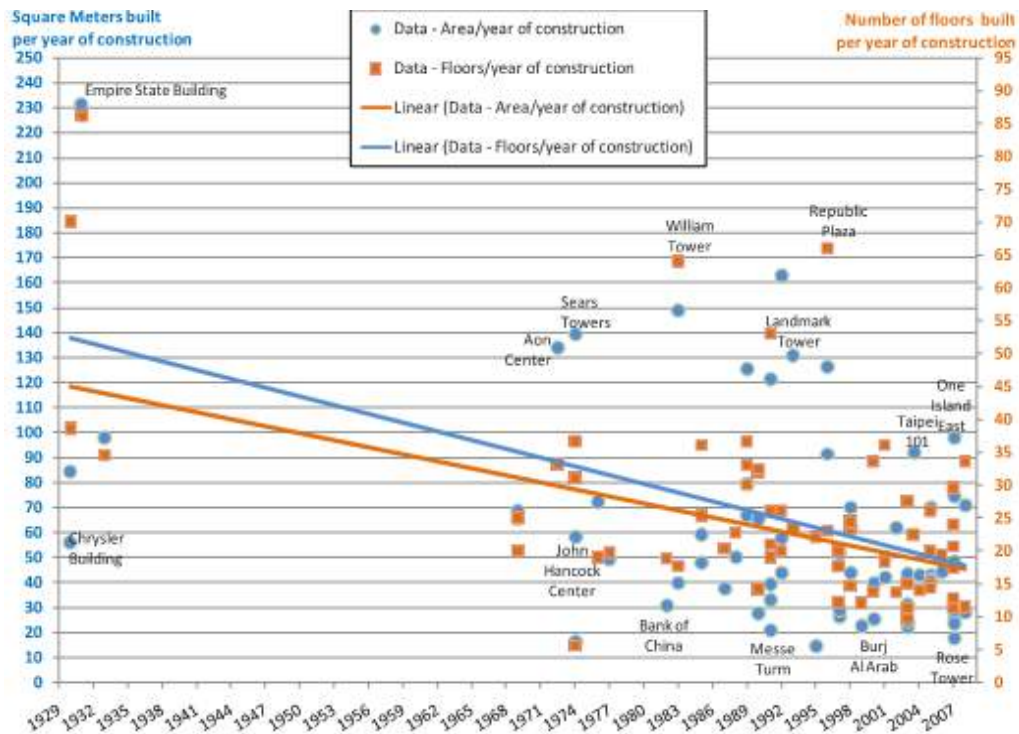
Rakentamisen aikana tietomalli toimii tiedonvälityksessä suunnittelun ja toteutuksen välillä. Sen avulla pystytään välittämään informaatiota kaikkiin suuntiin tehokkaasti ja työskentelemään ennakoivasti ratkoen ongelmia ennen niiden toteutumista. Kiinteistön tilaajalle ja ylläpidolle tietomalli tarjoaa rakentamisen aikaisen päätöksenteon ohella valmiudet tilojen ylläpidolle ja -seurannalle. BIM:in hyödyntäminen kiinteistön ylläpidossa ku-

vatulla tasolla edellyttää, että tietomallinnukselle asetetut tavoitteet tukevat tietomallityöskentelyä hankkeen eri vaiheissa. Tietomallin sisältö, sisällön tarkkuus ja ajantasaisuus sekä käytettävyys osapuolten ja sovellusten välillä ovat edellytyksiä onnistuneelle BIM-hankkeelle. (Grilo & Jardim-Goncalves 2010)

2.2 Tietomallintamista ohjaavat tekijät

Rakentamisen tehostaminen

Rakennusala on itsenäinen teollisuudenala, joka työllistää yksistään suomessa suoraan noin 169 000 henkilöä rakentamisen arvon ollessa vuosittain 28,8 miljardin euroa (Rakennusteollisuus 2015). Suomalaisen rakennusalan työn tuottavuutta vuosina 1975–2010 tarkastelleen tutkimuksen tulokset osoittivat, että tuottavuuden kasvu on vuositasolla ollut noin 0,5 % (Koskenvesa 2011). Vaikka kehityssuunta on tämän ja muiden vastaavien ulkomaisten tutkimusten valossa ollut ylöspäin, on rakentaminen jäänyt selvästi jälkeen esimerkiksi maatalousalan kehityksestä samalla ajanjaksolla, jossa tuottavuuden vuositainen kehitys on ollut Suomessa vuosittain noin 5 % (Junka 2003, Koskenvesa 2011). Sama tuottavuusvaje on havaittu myös kansainvälisessä rakentamisessa, jossa sen aiheutumista on tutkittu laajasti. Tuottavuuden kehityksen ongelmia voidaan kuvata yhdysvaltalaisella esimerkillä vuonna 1931 valmistuneesta Empire State Buildingista. New Yorkissa sijaitsevan 102-kerroksisen toimistorakennuksen rakennustyöt kestivät 410 päivää rakennustöiden aloituksesta kohteen luovutukseen. Rakennushankkeen toteutuksen nopeus hakee vertaistaan nykyaikaisten vastaavien hankkeiden joukossa, jossa tyypillinen tuotantotahti alittaa 1930-luvulla saavutetut arvot (Kuva 2).



Kuva 2. 100 korkeimman rakennuksen tuotantonopeuksien lasku vuosina 1929–2008 (Sacks & Partouche 2010)

Tuotantonopeuden heikolle kehitykselle voidaan osoittaa useita vaikuttavia tekijöitä. Rakennuskohteiden sisältö on vuosien aikana muuttunut monimutkaisemmaksi ja aikaisempaa laajemmaksi kokonaisuudeksi. Nykyiset rakennukset ovat Empire State Buildingia ulkoisesti monimuotoisempia ja rakennusteknisesti korkealaatuisempia kokonaisuuksia, joiden toteutukseen kuuluu olennaisena osana laajojen taloteknisten järjestelmien toteutus. Laajempien ja suurempien kokonaisuuksien toteutus edellyttää suurempaa työmäärää, mutta tämän lisäksi rakentamisen tuotantoprosessit ovat monimutkaistuneet aiempaan verrattuna. Uudet urakkamuodot ovat lisänneet vaiheiden limittymistä, mikä on heikentänyt rakennustyön suoraviivaisuutta ja lisännyt jälkitöiden määrää rakentamisessa. Limittymisen seurauksena töiden ja suunnittelun yhteensovitus, aikatauluttaminen ja tekninen toteutus ovat lisänneet rakennushankkeiden ohjauksen vaativuutta, mikä on lisännyt hankkeiden onnistuneen läpiviennin haastavuutta. Prosessien monimutkaistumisen lisäksi myös hankeorganisaation koot ja monimuotoisuus ovat jatkuvasti lisääntyneet. Rakentamisen sidosryhmien läsnäolo asettaa edellytyksiä osapuolten väliselle kommunikoinnille hankkeissa. Hankkeiden monimuotoistuesssa tietomallintaminen on nähty vastaukseksi suureen osaan rakennusalan yrityksissä vastata kehitysvajeen kuromiseen (Sacks & Partouche 2010).

Tietomallistandardit

Tietomalli eli BIM on käsitteenä suhteellisen laaja-alainen. Suomalaisessa kontekstissa olennaisena osana tätä käsitettä on kolmiulotteinen esitys käsiteltävästä rakennuksesta. Yhdysvalloissa sama termi voi lähtökohtaisesti koostua tietokannasta, jota hyödynnetään rakentamiseen liittyvän 2D-informaation tallentamisessa ja lukemisessa. Yhteisten käytäntöjen vakiinnuttamiseksi tietomallinnusstandardien kehittäminen käynnistyi täyttämään perinteisten CAD-standardien ja kehittyneiden BIM-sovellusten välistä tyhjiötä käytäntöjen, nimikkeistön tiedonvälitysformaattien kehittämiseksi. Nykyisistä tietomallintamisen toimijoista näkyvimpiä on 1995 perustettu buildingSMART, joka on suurelta osin mukana IFC-formaatin (Industry Foundation Classes) kehitystyössä. BuildingSMARTilla on maakohtaisia alakomiteoita, jotka vastaavat paikallisiin olosuhteisiin soveltuvien, maakohtaisten standardien kehittämisestä ja edistämisestä alalla. buildingSMARTin edistämä IFC-formaatti sai kansainvälisen ISO-luokituksen vuonna 2013. BuildingSMARTin alajärjestöt ovat mukana YTV2012- NBIMS-standardien kehitystyössä. (buildingSMART 2016)

Suomessa tietomallintamista ohjaa YTV2012, joka toimii tietomallintamista ohjaavana kansallisena standardina. Tietomallivaatimukset käsittelevät tietomallintamista laaja-alaisesti suunnittelun, rakentamisen, käytön ja ylläpidon sekä rakennusvalvonnan näkökulmasta ja niiden käsittämät tehtävä- ja vastuunmäärittelykset osuudet määrittävät olennaisia tietomallitavoitteita ja toimintaohjeita tietomallinnetun rakennushankkeen läpiviemiseksi. BIM-tavoitteiden avulla pystytään etukäteen suunnittelemaan hankkeen tietomallinnustasoa ja valitun tason edellytyksiä hankkeen eri vaiheissa. Toimintaohjeiden

avulla voidaan ohjata työn suoritusta ja varmistaa hankkeen valvottu eteneminen. Tietomallivaatimusten tavoitteena on rakentamisen laadun ja tehokkuuden kehittäminen tuemalla tietomallintamisella rakennusalan tuotantoprosesseja ja varmistamalla tietomallin soveltuvuus nykyisiin ja tuleviin käyttökohteisiin rakennusten elinkaaren aikana. (YTV 2012 osa 1)

NBIMS on kolmiosainen standardi, joka pyrkii vakioimaan rakentamisen tietomallityöskentelyä. Sen tavoitteena on lisätä ja yhtenäistää tietomallintamisen osapuolten työskentelyä ja hyödyntää tietomallia kaikissa hankkeen vaiheissa suunnittelun, rakentamisen, käytön ja ylläpidon aikana (NBIMS 2007, NBIMS 2011, McCuen 2008). YTV2012 tavoin NBIMS huomioi rakennushankkeen aikana tapahtuvan tietomallityöskentelyn kaikissa elinkaarivaiheissa ja määrittää tietomallintamista ja tietomallityöskentelyä rakennushankkeissa. Standardi sisältää oman osion tietomallityöskentelyn suorituskyvyn mittaustaukselle, ja esittelee tässä työssä käytetyn I-CMM-menetelmän ohella useita työkaluja rakennushankkeiden ja -organisaatioiden BIM-suorituskyvyn mittaukseen (NBIMS 2011). NBIMS on ensimmäisestä versiostaan alkaen huomioinut tietomallintamisen käytön suunnittelun ja rakentamisen lisäksi tilaajan, käyttäjän ja kolmansien osapuolten toimista. Tämän joukon tarpeiden tyydyttämiseksi tietomallintamiselta vaaditaan johdonmukaista ja jatkuvaa toteutusta, jossa mallinnustyössä huomioidaan oman tehtävän edellytysten lisäksi muiden käyttäjien tarpeet kaikissa vaiheissa rakennushanketta. Standardi on toiminut lähtökohtana Etelä-Korean ja Iso-Britannian kansallisille tietomallistandardeille (NBIMS 2015).

Asiakaslähtöisyys

Tietomallintamisen käyttöä rakennusallalla ohjaa suunnittelijoiden, rakentajien ja ohjelmistokehityksen lisäksi suurelta osin myös tilaajien asettamat vaatimukset hankkeiden tietomallintamisesta (Bernstein et al 2010). Vaikka mallintamisen keskeiset hyödyt ymmärretään ja BIM koetaan yleisesti hankkeiden onnistunutta läpivientiä edistäväksi tekijäksi, tietomallintamisen tuottamaa lisäarvoa ei täysin tunnisteta tilaajien toimesta (Porwal & Hevage 2013). Tämä johtuu osaltaan tietomallin kehittämiseen ja varmentamiseen liittyvistä hankekustannuksista, jotka usein esiintyvät tilaajalle ylimääräisinä kustannuksina suunnittelu- sekä projektinjohtotyön hinnassa. Vastaanotetuissa urakka- ja suunnittelutarjouksissa tulisikin huomioida tietomallintaminen erillisenä kategorianaan alustavien kokonaishintojen vertailun sijasta. Käytännön esimerkit ovat osoittaneet tietomallintamisen alentavan rakennushankkeen kokonaiskustannuksia korkeammasta lähtöhinnasta huolimatta muun muassa helpomman ennustettavuuden ja vähentyneiden suunnittelu- ja rakennusvirheiden muodossa (Azhar 2011).

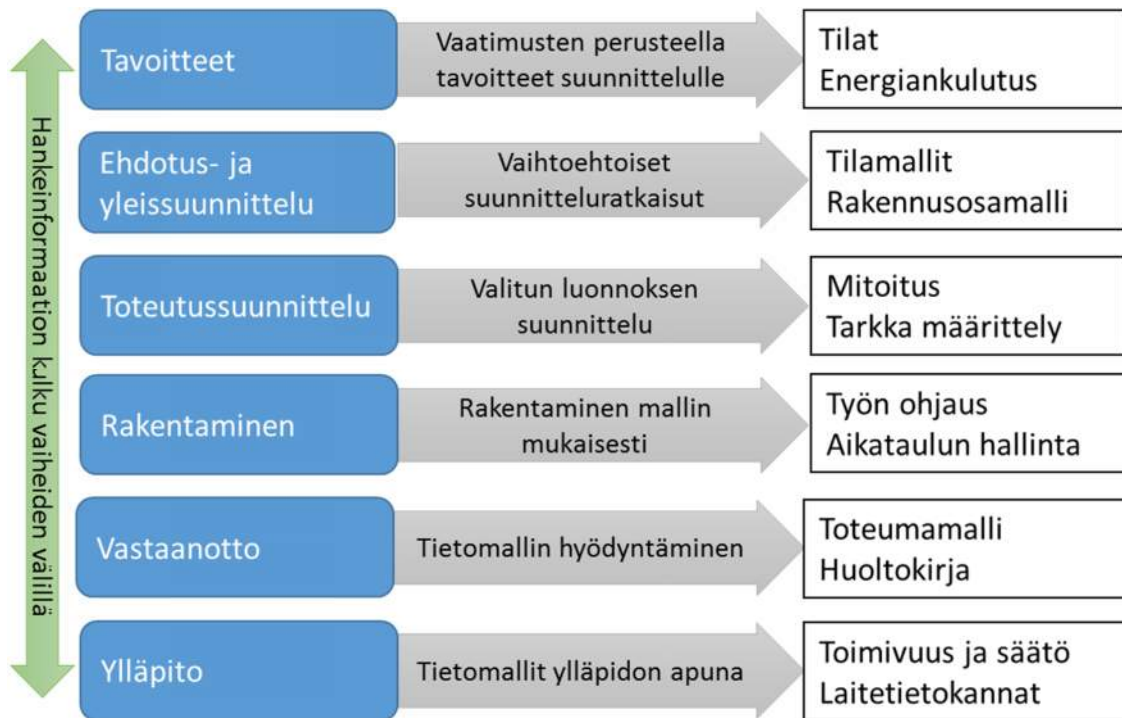
Asiakkaan asettamat BIM-tavoitteet painottuvat nykyään laajalti suunnittelu- ja rakennusvaiheen tehtäviin. Yllä esitettyjen syiden ohella tämä johtuu osittain siitä, että tilaajat eivät täysin käsitä tietomallin avulla saavutettuja etuja kiinteistön käytössä ja ylläpidossa.

Rakentamisen konkreettinen tuotos nähdään fyysisenä rakennuksena, jonka dokumentaatio tallennetaan suunnittelu- ja tuotantoinformaation tavoin erillisiin järjestelmiin ja asiakirjakokonaisuuksiin. Nykyiset BIM-sovellukset mahdollistavat kattavan rakennusdokumentaation hyödyntämisen suunnittelun ja rakentamisen ohella myös ylläpitovaiheessa. Tätä näkökulmaa tulisi pystyä tehokkaammin markkinoimaan tilaajille urakoitsijoiden ja suunnittelutoimistojen kautta. Kommunikoimalla toistaiseksi tunnistamattomat tarpeet onnistuneesti tilaajille voivat rakennusliikkeet erottua kilpailusta ja nousta markkinajohtajiksi tarjoamalla rakennuksen käytön ja ylläpidon tarpeet huomioivia tietomallihankkeita. Rakentajien tulee yhteistyössä tilaajien kanssa kehittää hankkeita siten, että lopullinen tuote valmistuu tehokkaasti ja vastaa rakennushankkeiden eri osapuolten odotuksiin ja tarpeisiin. (Porwal & Hevage 2013)

2.3 Tietomallin käyttö rakennushankkeissa

Tietomallintamista voidaan rakentamisessa hyödyntää laaja-alaisesti. Tietomallintamista hyödyntäviä rakennushankkeita kutsutaan tietomallihankkeiksi. Onnistunut tietomallin hyödyntäminen edellyttää tietomallitoiminnoissa työskenteleviltä henkilöiltä johdonmukaista työskentelyä hankkeessa sovittujen tavoitteiden täyttämiseksi. Messnerin (2013) mukaan tietomallityöskentelyssä on ensiarvoisen tärkeää se, että mallin parissa työskentelevät henkilöt ymmärtävät hoitamiensa tehtävien tärkeyden hankkeen muille tietomallitehtäville. Esimerkiksi suunnittelijan mallintaessa rakennetta voidaan mallinnettavalle objektille määrittää erilaista informaatiota, kuten materiaali- tai aikataulutietoa. Malliin syötettyä tietoa hyödyntävät kaikki tietomallin käyttäjät hankkeen eri vaiheissa, jonka vuoksi mallinnetun informaation tulee olla yhtenäistä ja noudattaa johdonmukaisesti hankkeessa sovittuja mallinnussääntöjä ja -käytäntöjä. Näin vältetään epä johdonmukaisuudesta aiheutuvia virheitä myöhemmissä tietomallityöskentelyn vaiheissa.

Informaation mallintaminen on tarpeellista vain, mikäli mallinnettua tietoa tullaan hyödyntämään tulevaisuudessa. Koska tietomalli on jatkuvasti kehittyvä kokonaisuus, tulee sitä pystyä johdonmukaisesti täydentämään soveltuvilta osin hankkeen edetessä. Mallia täydentävän osapuolen täytyy ymmärtää työnsä tulosten asettuminen muiden osapuolten työskentelyssä. Ymmärtämällä paremmin toistensa tarpeita hankeosapuolet voivat omalla tekemisellään edistää tietomallin käyttöä ja keskittyä työssään olennaisen informaation tuottamiseen. Seuraavissa kappaleissa esitellään mahdollisia mallintamistoimintoja tietomallinnetun rakennushankkeen eri vaiheissa. Ensimmäisenä käsitellään hankkeen ehdotus- ja yleissuunnittelu-vaihetta. Toteutussuunnitteluvaiheessa käydään läpi suunnittelijan tehtävät rakentamisen aikana. Rakentamisen aikaisia tehtäviä ehdotus- ja yleissuunnittelusta vastaanottoon ja ylläpitoon (Kuva 3) kuvataan seuraavassa luvussa.



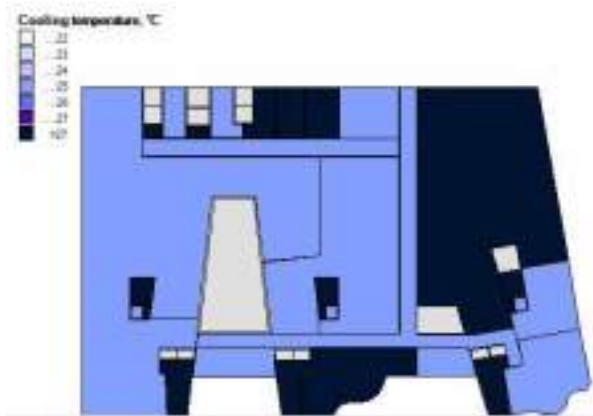
Kuva 3. Tietomallipohjaisen suunnittelun vaiheet ja käyttökohteet (mukauttaen Järvinen 2015, YTV2012 osa 11)

Tavoitteet

Hankkeessa tapahtuvaa tietomallintamista ja mallintamisen hyödyntämistä ohjataan hankkeen alussa asetettujen tietomallinnustavoitteiden avulla. Tavoitteiden asettamisen taustalla on osapuolten sitouttaminen hankkeen toteutukseen sekä hankkeen päätöksentekoprosessien tukeminen. Suunnitteluratkaisujen havainnollistaminen, yhteensovittaminen, tietomallipohjaiset kustannusarviot ja -vaihtoehdot ovat suunnitelmien sekä toteutuksen laadun parantaminen tietomallintamisen avulla ovat yleisiä tietomallinnetulle hankkeelle asetettavia vaatimuksia. Lisäksi mallintamistavoitteet voivat mm. tukea rakentamisen ja käytön aikaista turvallisuutta, kiinteistön elinkaarianalyysia ja mallinnustiedon siirtämistä suunnittelusta soveltuvassa muodossa toteutuksen ja käytön aikaiseen käyttöön (YTV 2012 osa 1).

Hankekohtaisesti asetettavien tavoitteiden tulee pyrkiä kohentamaan kiinteistön suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon onnistumista hankkeessa ja niiden tulee olla mitattavissa siten, että tavoitteiden täyttyminen pystytään yksiselitteisesti osoittamaan. Tavoitteiden avulla voidaan lisäksi seurata työn etenemistä ja osoittaa suoria parannuskohteita hankkeen osasuorituksissa. Ennakoivalla toiminnalla pystytään säästämään kustannuksia ja estämään aikatauluviivästyksiä seuraavien tehtävien toteutuksessa. Priorisoimalla hankkeen suoritukselle keskeiset tekijät hankkeen tavoitteiksi voidaan tavoitteiden asettamisella varmentaa hankkeen onnistunutta läpivientiä (Messner 2011).

Kohteen BIM-tavoitteiden asettamisessa huomioidaan hankkeen tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheessa kartoitetut kiinteistön omistajan ja tulevan käyttäjän tarpeet. Mallintaminen käynnistyy *vaatimusmallilla*, jossa keskeiset tilavaatimukset on kirjattu sähköiseen muotoon. Tarveselvitysvaiheessa luotu vaatimusmalli on yleensä varhainen taulukko- tai tietokantamuotoinen esitys, eikä vielä omaa suoraan seuraavissa suunnitteluvaiheissa hyödynnettävää geometrista muotoa. Kolmiulotteiset luonnosmallit seuraavat ennen ehdotussuunnittelun päättymistä (YTV 2012 osa 11). Tietokantapohjainen vaatimusmalli (Kuva 4) on usein raakatekstimuotoista mallia monikäyttöisempi sikäli, että se tukee ja helpottaa seuraavien suunnitteluvaiheiden mallintamistehtäviä. Vaatimusmallin pohjalta pystytään automatisoimaan suunnitelmien pinta-alojen tarkistaminen ja edesautamaan suunnittelun, rakentamisen ja käytön vaatimia tehtäviä rakennushankkeessa (YTV2012 osa 4, YTV2012 osa 11).



Kuva 4. Huonekohtaisten tavoitelämpötilojen esitys TATE-vaatimusmallissa (YTV2012 osa 4)

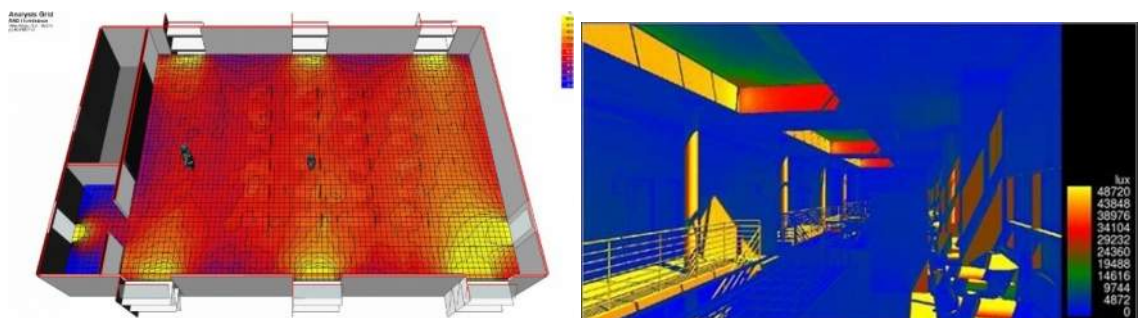
Ehdotus- ja yleissuunnittelu

Ehdotussuunnittelussa haetaan sopivaa perusratkaisua hankkeen toteutukselle vielä karkealaatuisten suunnitelmien pohjalta. Hankesuunnittelussa kehitettyjen vaihtoehtojen joukosta valitaan eteenpäin vietävät, yleissuunnittelussa jatkokehittävät valinnat. Yleissuunnittelussa tietomallin mahdollistamat visualisoinnit ja analyysit tukevat kommunikointia ja päätöksentekoa. Ehdotusvaiheessa aikaisemmin laaditun tilaohjelman ja vaatimusmallin pohjalta luodaan tilamalli, jossa esitetään karkeassa muodossa suunnitellut tilat ja näiden sijainti suunnittelun kohteena olevassa rakennuksessa. Ehdotussuunnittelun suunnittelualakohtaiset mallit yhdistetään yleissuunnitteluvaiheessa suunnittelun edetessä valitun vaihtoehdon toteuttamiseksi.

Lähtötilanteen mallintaminen sisältää laserskannauksen tai silmämääräisen arvion rakentamisen kohteena olevasta maa-alueesta tai rakenteesta. Ympäröivän maaperän visualisoinnilla voidaan dokumentoida alkutilanne, johon pystytään palaamaan esimerkiksi työmaan aluesuunnittelussa tai maanrakentamisen kustannusten seurannassa. Vertaamalla

lähtötilannetta toteutuneeseen malliin voidaan helposti osoittaa tehdyn työn määrä (Messner 2011). Korjausrakentamisessa olemassa olevan tilanteen mallintaminen on perusedellytys suunnittelulle ja kaikelle muulle mallintamiselle. Lähtötilannetta kuvaavaa tietomallia kutsutaan *inventointimalliksi* (YTV2012 osa 3). Ehdotussuunnittelun aikana vaihtoehtoihin tila- ja suunnitteluratkaisuihin liittyvässä päätöksenteossa voidaan tietomallia hyödyntää erilaisin tavoin. Vaihtoehtojen vertailussa tietomallipohjaisena toteutettu aikataulusuunnittelu eli *4D-suunnittelu* hyödyntää tietomallia aikataulun visualisoinnissa päällekkäisten rakennusvaiheiden ja rakennustyön hahmottamiseksi. Tarkastelemalla malliin sijoitettua yleisaikataulua voidaan ennakkoon nähdä työmaan aikatauluun vaikuttavia tekijöitä. 4D-tarkastelujen etuna on havaittujen ongelmien ratkaiseminen ennen niiden ilmenemistä sekä rakentamisen katkeamaton eteneminen rakennushankkeen aikana. Myös tietomallin pohjalta tehty *kustannus- ja määrälaskenta* on perinteisiin laskentamenetelmiin verrattuna nopeampaa. Tietomallista saadut määrät ovat tarkkoja ja ne voidaan laskea pinta-alojen ja tilavuuksien kautta nopeasti kullekin mallinnetulle ratkaisulle. Tietosisällön laajentuessa aikataulutiedosta kustannustietoon puhutaan 5D-suunnittelusta. Jotta aikataulu- ja kustannustietoutta pystytään luotettavasti hyödyntämään, tulee mallinuksen olla tässä vaiheessa riittävällä tarkkuustasolla sekä geometrian että rakennetyyppien osalta (Messner 2011). Suunnitteluratkaisuihin kohdistuvan päätöksenteon tukena käytetään ajallisen *4D-suunnittelun* ja kustannus- ja aikataulutiedon sisältävän *5D-suunnittelun* lisäksi rakennuksen ulkonäköön liittyviä visuaalisia tarkasteluja.

Ulkonäköön vaikuttavien tekijöiden lisäksi kohteen teknisiä ja rakenteellisia ratkaisuja voidaan simuloida alustavasti päätöksenteon tukena osana ehdotus- ja yleissuunnittelua (Messner 2011). Energiatarkastelujen avulla voidaan simuloida rakenteiden ja luonnonolosuhteiden yhteisvaikutusta kiinteistöön energiankäyttöön ja huonekohtaisiin lämpötiloihin. Kuvassa 5 on esitetty auringonvalon simulointia tietomallinnetussa rakennushankkeessa, mikä auttaa energia- ja valaistussuunnitteluun liittyvien päätösten teossa. Edellisten lisäksi mallin avulla voidaan tarkastella erilaisia viranomaisvaatimuksia ja onnettomuustilanteita palomitoituksesta hätäpoistumisteiden riittävyyteen



Kuva 5. Luonnonvalo-analyysyjä Autodesk Ecotectissä (Autodesk Sustainability Workshop 2013)

Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa tuotettavan tiedon tarkkuustaso kasvaa oleellisesti. Suunnitelmat viimeistellään urakkatarjouspyyntöjen edellyttämään tarkkuustasoon ja projektista tehtävät tietomallit tarkentuvat yksityiskohtaisilla tyyppitiedoilla. Suunnittelualojen tietomallien ajantasaisuus varmistetaan esimerkiksi viikoittaisella päivityskierrolla, jossa suunnittelijat päivittävät ylläpitämänsä mallin projektipankkiin. Näin varmistutaan ajantasaisesta suunnittelutiedosta hankkeen edetessä. Vaiheen lopussa hyväksytään toteutussuunnitelmat siinä laajuudessa missä niiden avulla voidaan siirtyä rakennushankkeen valmisteluvaiheeseen ja urakkatarjouskyselyihin. Perinteisen suunnittelukäytännön mukaisesti aiempaa suunnittelua täydennetään toteutusvaiheessa (YTV2012 osa 3, YVT2012 Osa 5).

Toteutussuunnitteluvaiheessa suunnittelijoiden laatimista tietomalleista pystytään koostamaan yhdistelmämalli, joka esittää eri alojen suunnittelutiedon yhdessä tietomallissa. Yhdistelmämallin avulla alakohtaisten mallien välistä tietosisältöä pystytään tarkistamaan ja mahdollisia ristiriitoja havaitsemaan automatisoidusti ja nopeasti. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa korostuu työmaavirheiden ennaltaehkäisy, jonka vuoksi tarkastuksien avulla pyritään suunnitelmat saamaan tasolle jossa ne ovat sekä ristiriidattomia että rakennettavissa. (YTV2012 osa 11). Mallin visuaalinen tarkastelu täsmentää ratkaisujen vaatimia työtehtäviä osapuolille ja suoraviivaistaa hankkeen eteenpäin viemistä. Päätöksenteon tukemisen ohella suunnitelmakatsauksissa tarkastellun tietomallin avulla voidaan tarkastella ryhmien välistä koordinaatiota ja antaa suoraa palautetta suunnittelutyöstä. Katsausten avulla voidaan helposti osoittaa suunnittelutilanteen taso ja rakennukselle asetettujen käyttö- sekä tilatavoitteiden täyttyminen (Messner 2011). Kustannus- ja määrälaskenta täsmentyy tietomallissa tarkentuneiden rakennemäärityksien avulla. Tietomallin ominaisuuksia täydennetään siten, että rakenteiden ominaisuudet ovat yhtenevät edenneen suunnittelutilanteen kanssa. Määräluetteloiden tarkkuus mahdollistaa niiden käytön urakkalaskennassa (YTV2012). Energiatarkastelussa suunnittelijoiden luomalle tietomallille määritetään todellisia vastaavat rakennearvot, joiden avulla kohteen energiankulutusta voidaan tarkastella erilaisissa lämmitys- ja jäähdytystilanteissa. Tarkoituksena on tarkastella rakennusta vallitsevien rakennusmääräysten ja käyttötarkoitusten kautta ja löytää sellaiset ratkaisut, joiden avulla voidaan tarjota käyttäjiä palveleva kokonaisuus sekä vähentää rakentamis- ja ylläpitokustannuksia koko hankkeen elinkaaren aikana. Energia- tarkastelujen ohella myös erilaiset rakenteelliset ja tilalliset tarkastelut voidaan automatisoida tietomallia hyödyntäen, jolloin esimerkiksi viranomaisvaatimusten täyttyminen mallinnetun kohteen suunnitelmissa voidaan nopeasti varmentaa.

Vaiheen tietomallipohjaiset simuloinnit ovat kattavia ja antavat tarkkoja ja yksityiskohtaisia arvioita laskennan kohteena olevista ominaisuuksista (Messner 2011). Rakennetussa tilassa ja ympäristössä toimivien laitteistojen ja kalusteiden yhteensovitus sekä sijoittelu helpottuvat tietomallin tarjotessa suunnittelijoille luotettavaa ennakkotietoa käyttäjän, tilojen ja ympäristön välisestä vuorovaikutuksesta. Mallityöskentelyn kannalta

ajantasaisuus sekä suunnitelmien ja tietomallin välinen ristiriidattomuus ovat avainasemassa osapuolten tietomallille asettaman luottamuksen luonnissa. Kokonaisvaltaisen tietomallityöskentelyn edellytyksenä onkin tietomallin käyttö ensisijaisena kommunikointivälineenä rakennushankkeessa siirtyvän tiedon ja informaation välityksessä.

Rakentaminen

Rakennustuotannossa tarvitaan eri suunnittelualojen tietomalleja täydentämään suunniteluasiakirjoja sekä toimimaan pohjana toteumatiedon mallinnukselle. Tietomallia voidaan urakoitsijan toimesta hyödyntää urakkatarjouksen lähtötietona, työn aikataulutuksessa ja ohjauksessa, hankkeen suunnitelmien visualisoinnissa, alihankinnoissa, kustannus- ja määrälaskennassa sekä toteumatiedon tallennuksessa. (YTV2012 osa 13)

Tietomallipohjaisessa suunnittelun ohjauksessa suunnittelua ohjataan työmaalla toteutuneen työn seurannan ja suunnittelijoiden yhteistyöllä läpikäytyjen törmäystarkastelujen avulla. Tietomalliin sijoitettu 4D-tieto on tehokas tapa kommunikoida työn eteneminen ja sille asetetut tavoitteet työtä suorittaville urakoitsijoille ja suunnittelijoille. Yhdellä kertaa voidaan tietomallissa havainnollistaa tehtäväkokonaisuus määrä- ja aikataulutavoitteineen sekä toteuttaa yhdelle tai useammalle tehtävälle. (Messner 2011). Suunnittelutyön koordinoiminen työkaluna toimii törmäystarkastelu, jossa eri suunnittelualakohtaisten tietomallien sisältö asetetaan päällekkäin ja esiintyviä päällekkäisyyksiä etsitään automaattisella sovellustarkastelulla. Törmäystarkastelujen tavoitteena on vähentää risteilevien ja päällekkäisten rakenteiden korjaustarvetta ennen aikaisella havainnoinnilla ja korjaustoimenpiteiden käynnistämällä ennen rakenteen toteutumista. Muutossuunnittelun tarpeen tullessa ilmi hyvissä ajoin ennen työn suoritusta voivat suunnittelijat tasapainottaa työtaakkaansa varaamalla muutossuunnitelmien laadinnalle aikaa alkuperäisessä suunnitelma-aikataulussa. Tietomallipohjainen työnohjaus perustuu 4D-suunnittelun ohella tietomallista poimittujen sijaintipisteiden automatisoituun hyödyntämiseen työvaiheissa. Maanrakentamisessa tapahtuva GPS-pohjainen täsmäkaivu, tietomallipohjaiset mittaukset sekä useat työntekijän kuormittumista aiheuttavat tehtävät voidaan toteuttaa koneellisella automaatiolla tietomallipohjaisesti. Yhdistämällä tietomallista saatavan mittatiedon tosimaailman koordinaatteihin voidaan vähentää työvirheitä sekä aiheutuvaa lisätyötä. Digitaalisen työnohjauksen vaatimuksena ovat tietomallia hyödyntävät työkohteet ja -laitteet.

BIM-aluesuunnittelussa pystytään työmaan tilankäyttöä suunnittelemaan aikaisempaa yksityiskohtaisemmin. Tietomallista voidaan aluesuunnittelun pohjaksi ottaa vaaka- tai pystyleikkauksia, joihin voidaan tarvittaessa simuloida ajallisen informaation esitys rakentamisen ja logistiikan kannalta. Ortogonaalisesta 2D-kuvasta poikkeavat 3D-leikkaukset ovat usein havainnollisempia, jolloin niiden avulla voidaan tehokkaasti kommunikoida turvallisuuteen sekä työtehtävien suoritukseen liittyviä tavoitteita. Työmaan tietomallipohjainen resurssi- ja materiaaliseuranta voi tehostaa tilankäyttöä ennakoitaessa

varastoinnin aiheuttamia tilarajoitteita työn suorittamiselle. Tietomallin pohjalta pystytään tuottamaan pienin muutoksin esivalmistettuja rakenneosia, kuten betoni- ja lasiseinäelementtejä sekä erilaisia teräsrakenteita. Varsinkin teräsrakenteiden kohdalla tietomallinnetut rakennesuunnitelmat mahdollistavat automatisoidun kokoonpanon tehdaslinjalla. Tietomallin osia voidaan siirtää materiaalitoimittajalle tuotantoa varten tai toimittajan suunnittelema rakennemalli sisäistää osaksi olemassa olevaa tietomallia. Keskeinen etu tietomallipohjaisessa hankkeessa on tuotannon läpinäkyvyys toimittajille ja urakoitsijoille soveltuvan informaation välityksessä (Čuš-Babič et al 2013)

Rakentamisen aikana voidaan tietomallia edelleen hyödyntää yksityiskohtaisessa työn suunnittelussa ja materiaalihankintojen määrälaskennan työkaluna. Suunnittelijoiden toteuttama tietomallin täsmentyminen lisää mallin tarkkuutta ja parantaa sen käyttöä rakentamisessa. Suunnittelijoiden ylläpitämän ja päivittämän sisällön ohella myös rakentajan alihankkijoiden tekemät tietomallimuutokset kannattaa sisällyttää osaksi mallia sen ajantasaisuuden varmistamiseksi esimerkiksi esivalmistettujen osien kohdalla (Hergunsel 2011).

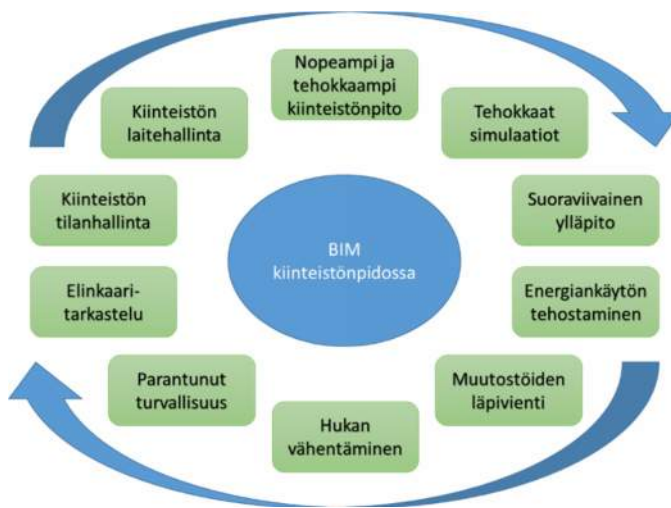
Ylläpito ja käyttö

Tietomalli voidaan kohteen luovutuksen yhteydessä luovuttaa tilaajalle, joka voi edelleen hyödyntää mallia rakentamisen jälkeisessä käytössä. Mallintamisen näkökulmasta mallintamisen luovutukseen liittyviä ominaispiirteitä ovat toteumamallit sekä kiinteistön huoltokirja, joiden toteutuksesta ja mallinnettavasta tietosisällöstä tulee sopia erikseen hankkeessa (YTV2012 osa 12).

Kohteen valmistuttua hankkeen aikana tehtyä mallinnustyötä hyödynnetään toteumamallin avulla. Toteumamalli on kohteen etenemisen mukana päivitetty tietomalli, joka esittää hankkeen aikana kootun suunnittelu- ja rakennusinformaation toteumatietoineen. Toteuma- tai ”as-built”-mallin avulla voidaan koota kiinteistön tulevalle käytölle oleelliset tiedot yhteen paikkaan päivittämällä suunniteltu ”as-designed”-malli vastaamaan rakentamisen aikaisia muutoksia. Sen avulla voidaan myös kiinteistön elinkaaren aikana tukea ylläpitoa ja asiakastarpeita vastaamalla kohteen tiloihin, rakenteisiin tai laitteisiin liittyviin kysymyksiin. Huoltokirjojen BIM-toteutuksella voidaan mahdollistaa rakenteisiin ja kalustoon liittyvien dokumenttien ja huoltoaikataulun sisällyttämisen osaksi tietomallia. Rakennusjärjestelmien analyysi tarkastelee kiinteistön talotekniikan suorituskykyä järjestelmiin sijoitettujen mitta-antureiden kautta ja vertaa sitä suunniteltuun suoritustasoon. Tarkoituksena on varmistua siitä, että kiinteistön rakennus- ja talotekniset järjestelmät vastaavat niille asetettuihin vaatimuksiin ja että laitteiden huollot ja ylläpitotoimet kohdennetaan oikein. Ylläpidon lisäksi tietomalli on pätevä tapa markkinoida kohdetta kaupanteon osapuolille. Sen avulla voidaan nopeasti esittää kohteen oleelliset tilat ja laitteet sekä kartoittaa muutostarpeita ostajan käyttötarkoitukselle. Mikäli kiinteistöä tullaan sen

valmistumisen jälkeen muokkaamaan tai korjaamaan, antaa tietomallin käyttö suunnittelijoille tarpeelliset lähtötiedot. Tämä vähentää rakenneselvitysten ja suunnitteludokumentation parissa tehtävää työskentelyä ja nopeuttaa suunnittelutyötä sekä hankkeen valmistumista. (Messner 2011)

Rakennuksen tietomallin hyödyntämisen tulevaisuutta kiinteistön käytössä ja ylläpidossa käsitellään laajemmin Pöyryn raportissa (Hyytinen et al 2009). Raportin mukaan olennainen etu tietomallipohjaisen huoltokirjan kohdalla on paperidokumentaation sisällyttäminen osaksi sähköistä huoltokirjaa. Raportin laatimisen jälkeen tietomallisovellukset ovat kehittyneet täyttämään aikaisemmin havaittuja vajavaisuuksia dokumentaation tallentamisessa sekä hyödyntämisessä, ja nykyisillä sovelluksilla pystytään sekä ylläpitämään huoltokirjaa että seuraamaan ja suunnittelemaan sen edellyttämiä huoltotoimenpiteitä. Ylläpidon ja käytön edellyttämiä tietomallitavoitteita käydään läpi myös YTV2012 osassa 12. Tietomallien käyttökohteita kiinteistönpidossa on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Tietomallintamisen hyödyt kiinteistönpidossa (Mukaillen Abdullah et al 2015)

3 SUORITUSKYVYN ARVIOINTIMENETELMÄN VALINTA

3.1 Vaatimukset suorituskyvyn arviointimenetelmälle

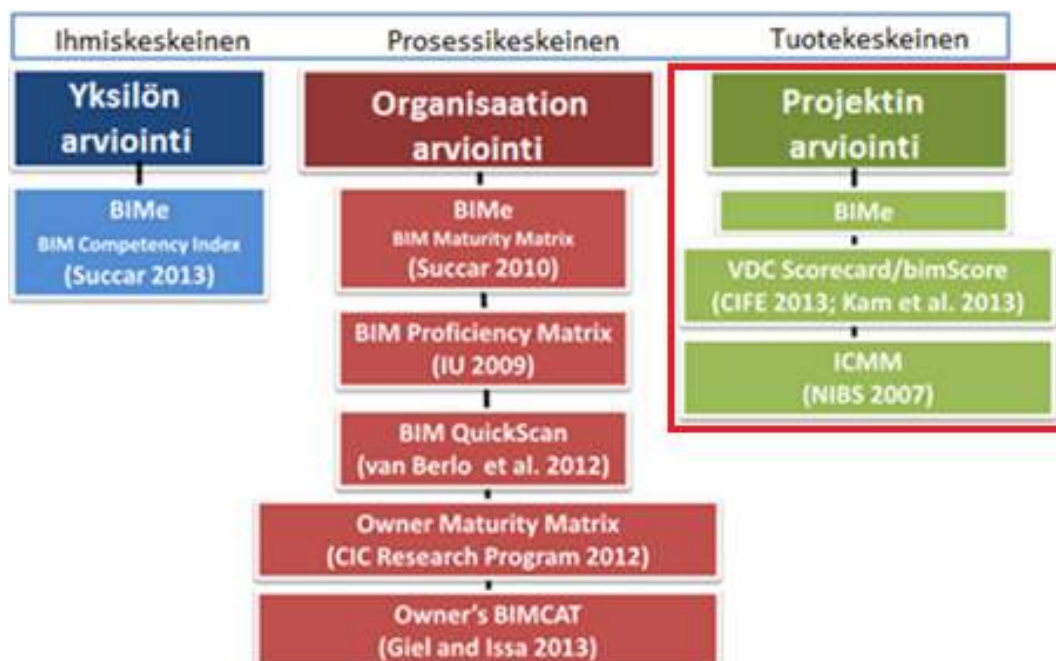
Suorituskyky on ominaisuus joka kuvaa yrityksen kykyä yltää sille asetettuihin tavoitteisiin (Hannus et al 1999) ja maksimoida tuotettava hyöty kaikille toiminnassa mukana oleville osapuolille (Hannula & Lönnqvist 2002). Rakentamisessa tapahtuvan työmaa-kohtaisen työskentelyn suorituskyvyn arvioinnissa on olennaista käsitellä sellaisia tekijöitä, jotka vaikuttavat hankkeessa tapahtuvan toiminnan laatuun ja toiminnan kautta saavutettaviin tuloksiin esimerkiksi kustannus-, asiakas- tai prosessipainotteisesta näkökulmasta (Salminen 2005). Arvioitaessa BIM-työskentelyn suorituskykyä rakennushankkeessa tulee arvioinnissa pystyä tarkastelemaan hankkeessa niitä ominaisuuksia, jotka vaikuttavat tietomallintamis-työskentelyn tuloksiin ja tätä kautta hankkeen onnistumiseen kokonaisuutena.

Lähtökohtana rakennushankkeen arvioinnissa voidaan pitää, että arviointiin käytettävä mittaristo käsittelee tietomallityöskentelyn osa-alueita riittävän yksityiskohtaisella tarkkuudella sekä antaa suorituskyvyn arvioinnin tuloksena jonkinlaisen numeerisen tunnusluvun arvioinnin kohteena olevien ominaisuuksien osa-alueista (Salminen 2006). Suorituskykymittauksen tulosten yksityiskohtainen kategorisointi edesauttaa kehitystoimenpiteiden kohdistamista toiminnassa ja rakentaa kokonaiskuvan yrityksen toiminnassa esiintyvistä vahvuuksista ja heikkouksista. Keskeinen tavoite suorituskyvyn kehittämisessä on yrityksen kilpailukyvyn parantaminen, jonka edellytyksenä tässä työssä on valittavaa arviointimenetelmää käyttäen lähtötilanteen kartoitus ja mitatun suorituskyvyn pohjalta toteutettavien kehitystoimenpiteiden valinta ja kohdistus. Suorituskyvyn mittausta tehdään nykytilanteen todentamiseksi sekä toisaalta toiminnan kehittämiseksi tulevaisuudessa. Käytetyn suorituskyvyn mittausten menetelmän tulee tuottaa sellaista informaatiota, joka nykytilanteen ohella osoittaa myös kehityssuunnan toiminnan tehostamiseksi (Rantanen & Holtari 1999).

3.2 Saatavilla olevat BIM-arviointimenetelmät

Tietomallinnettujen rakennushankkeiden suorituskyvyn arviointiin on kehitetty useita menetelmiä, jotka lähestyvät suorituskyvyn arviointia erilaisista lähtökohdista. Gielin ja McCuenin (2014) kehittämän jaottelun mukaisesti menetelmät voidaan jakaa ihmiskeskeiselle yksilötasolle, prosessikeskeiselle organisaatiotasolle tai tuotekeskeiselle projektitasolle (Kuva 7). Koska tässä tutkimuksessa arvioidaan yksittäisen projektin tasolla tapahtuvaa tietomallityöskentelyä, voidaan menetelmän valinta rajata projektia arvioiviin suorituskyvyn arviointimenetelmiin. Tällöin vaihtoehtoina tutkimuksessa käytettävälle

arviointityökalulle ovat BIME, VDC Scorecard/bimScore ja Interactive Capability Maturity Model. Rajatut menetelmät ovat kypsyyssmalleja, jotka määrittelevät nykyisen suorituskyvyn ja esittävät lähtötason mukaisesti ohjeita toiminnan kehittämiseksi sen tehostamiseksi.



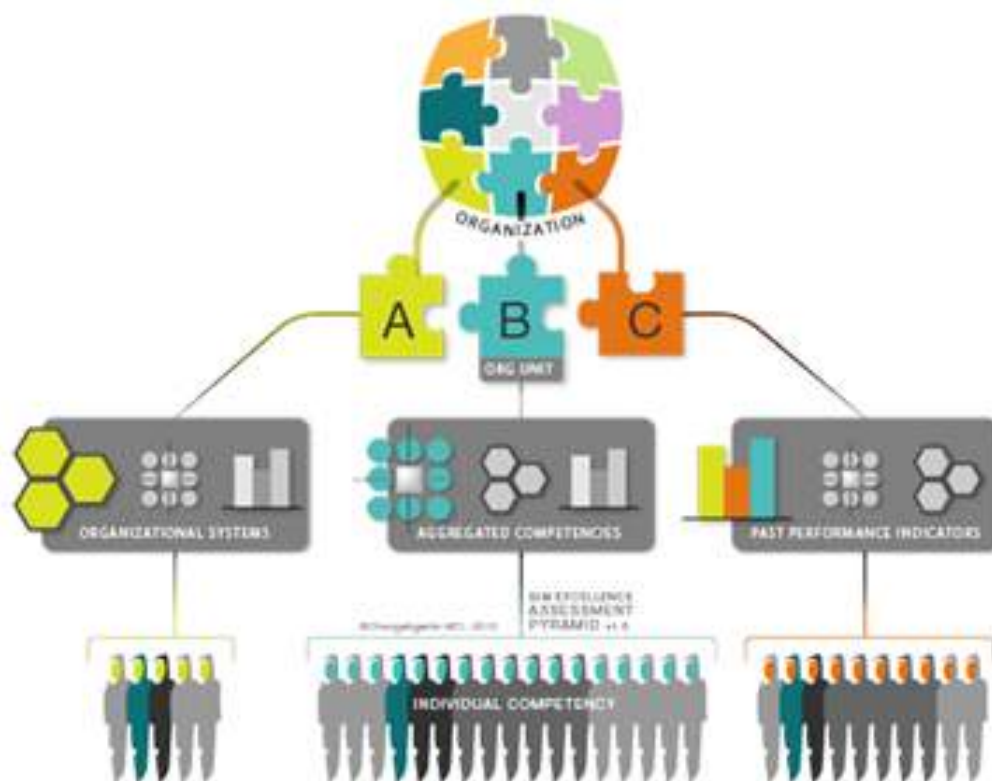
Kuva 7. BIM-suorituskyvyn mittausmenetelmät (Mukaillen Giel & McCuen 2014, NBIMS 2011)

BIME

BIM Excellence (BIME, kuva 8) on tietomallisuorituskyvyn arviointiin ja kehittämiseen tarkoitettu työkalujoukko, jota voidaan mukauttaa arvioimaan yksilön ja ryhmän BIM-työskentelyä sekä organisaation kykyä toteuttaa tietomallinnettuja hankkeita. Sen sisältämät BIM Competency Index ja BIM Maturity Matrix arvioivat hankkeen osa-alueita ja koostavat kuvan tutkittavan organisaation tietomallityöskentelyn suorituskyvystä (Kam et al 2013.) BIME koostuu internetissä suoritettavista haastatteluista, työmaalla suoritettavista arviointiosuuksista sekä asiakkaille yksilöitävistä arviointikokonaisuuksista. Menetelmän uusimmat kehitysversiot ovat australialaisen konsulttiyhtiön omaisuutta, mutta sen kehityksen taustalla oleva tutkimustyö (BIM Competency Index, Succar 2010 / BIM Maturity Matrix, Succar et al 2013) on vapaasti saatavilla (NBIMS 2015).

Menetelmän etuna on sen soveltuvuus erilaisiin arviointitarpeisiin. Arvioinnin laajuutta ja kohteita voidaan muokata vastaamaan kulloiseenkin tarpeeseen, jossa menetelmällä voidaan tarkastella käytetyn tietomallistrategian, -teknologian, -henkilökunnan, ja toimintaprosessien toimintaa. BIMen käyttö ohjaa organisaatiota ennakoimaan alan teknologista kehitystä ja hyödyntämään näitä pitkäjänteisessä kehitystyössä (Kam et al 2013).

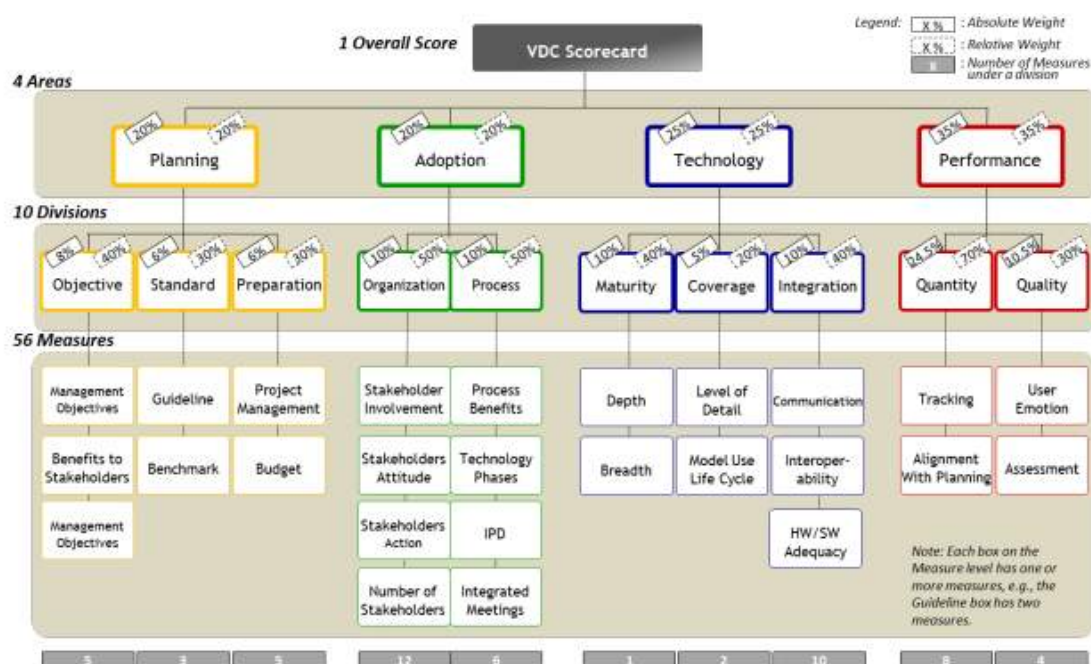
Menetelmän käytön rajoituksena tässä tutkimuksessa ovat suorituskykymittauksen tulosten jakaminen kehittäjäosapuolen kanssa sekä ei-kaupallisen version rajoitukset tiedonkeruun ja tulosten esittelyn kohdalla (BIMe 2016).



Kuva 8. BIMe-viitekehys suorituskyvyn mittaukselle (BIMe 2016)

VDC Scorecard/bimScore

VDC Scorecard ja bimScore (Kuva 9) ovat työkaluja, jotka mahdollistavat BIM-hankkeiden arvioinnin ja hankkeiden keskeisen vertailun. Ne arvioivat hankkeen BIM-työskentelyä ja mahdollistavat arvioitavien hankkeiden keskinäisen vertailun. Arvioinnin tulokset voidaan asettaa alan yleistä suorituskykyä kuvaavaan skaalaan, joka perustuu menetelmän kehityksessä tutkittuihin hankkeisiin. Menetelmän avulla voidaan myös arvioida tietomallintamisella saavutettavaa rahallista tuottoa, jota voidaan käyttää apuna hankkeeseen liittyvien BIM-päätösten tukena. BIMen kehitystyön tavoin myös jatkokehitetty bimScore on kaupallinen menetelmä, joka edellyttää ulkopuolisen arviointikonsultin käyttöä suorituskyvyn arvioinnissa. Nykyisen suorituskyvyn ohella bimScore simuloi menetelmän toimenpiteiden ja alan kehittymisen yhteyttä BIM-suorituskyvyn kohentamiseksi. Työn taustalla oleva VDC-scorecard on vapaasti saatavilla, mutta jatkokehitetyn bimScoren käyttö vaatii konsulttipalveluja menetelmää kehittäväältä Strategic Building Innovationilta. Menetelmän käyttö perustuu jatkokehitettyyn VDC Scorecard-arviointimenetelmään, jonka menetelmärunko (Kam et al 2013, CIFE 2013) on vapaasti saatavilla. (NBIMS 2015)



Kuva 9. *bimScore-viitekehys suorituskyvyn mittaukselle (Kam et al 2013)*

VDC Scorecard arvioi hankkeen suunnittelua, BIM-käyttönoton astetta, -teknologiaa ja suorituskykyä. Nämä neljä pääaluetta jakautuvat kukin kymmeneen alakategoriaan, jotka sisältävät yhteensä 56 laadullisesti tai määrällisesti tarkasteltavaa ominaisuutta. Menetelmän kehitystyössä on tarkasteltu 108 erillistä hanketta, joiden pohjalta laaditulla viitekehysellä voidaan arvioida tietomallihankkeita. Menetelmän suorituskykyskaala on jälkeinpäin liitetty käyttäen lähdeaineistona yli 300 VDC Scorecardilla suoritettua hankearviota. Menetelmän käytössä huomioidaan eri arvioijien suorittamien arviointien subjektiivisuus, mikä jossain määrin heikentää tulosten vertailukelpoisuutta hankkeiden välillä. Menetelmän kehitys jatkuu, ja sen käyttöä sekä vertailuasteikkoja parannetaan vastaamaan paremmin rakennusalan uusiin toimintatapoihin. (Kam et al 2013).

Interactive Capability Maturity Model

I-CMM (Kuva 10) on osa NBIMS:ia, joka ohjaa yhdysvaltojen rakennusallalla tehtävää tietomallityöskentelyä. I-CMM:n tavoitteena on tehostaa rakennusalan tuotantoketjuja hyödyntämällä tietomalleja eri osapuolten välisessä yhteistyössä kaikissa hankkeen elinkaaren vaiheissa arvioimalla hankkeessa tapahtuvan tietomallityöskentelyn laatua sekä tuotetun tietomalliin edellytyksiä vastata eri hankeosapuolien tarpeisiin. Menetelmä tarkastelee tietomallityöskentelyn suorituskykyä yhdessätoista kypsyyskategoriassa, jotka jakautuvat edelleen kymmeneen kypsyystasoon. Kypsyyskategoriat perustuvat menetelmän kehitystyössä tunnistettuihin tietomallityöskentelyn osa-alueiden parhaisiin käytäntöihin. Menetelmällä kartoitettavan lähtötason pohjalta nykyiselle tietomallityöskentelylle voidaan osoittaa toimintaa kehittäviä kypsyysportaita. Kehitystoimenpiteiden avulla arvioitavat hankkeet lisäävät kykyään vastata rakennusalan kehitykseen ja kysyntään tietomallintamisen käytössä. (NBIMS 2011)

TODAY:	March 10, 2016			
© NIBS 2012	The Interactive BIM Capability Maturity Model			
	Area of Interest	Weighted Importance	Choose your perceived maturity level	Credit
	Data Richness	84 %	Data w/Limited Authoritative Information	5,0
	Life-cycle Views	84 %	Includes Constr/Supply & Fabrication	4,2
	Change Management	90 %	Full Awareness	3,6
	Roles or Disciplines	90 %	Partial Ops & Sustainment Supported	6,3
	Business Process	91 %	Some Bus Process Collect Info	2,7
	Timeliness/ Response	91 %	Data Calls Not In BIM But Most Other Data Is	2,7
	Delivery Method	92 %	Limited Web Enabled Services	4,6
	Graphical Information	93 %	3D - Current And Intelligent	7,4
	Spatial Capability	94 %	Basic Spatial Location	1,9
	Information Accuracy	95 %	Limited Comp Areas & Ground Truth	6,7
	Interoperability/ IFC Support	96 %	Limited Info Uses IFC's For Interoperability	6,7
	Credit Sum			51,9
Maturity Level			Minimum BIM	



National Institute of
BUILDING SCIENCES
Facilities Information Council
National BIM Standard

Kuva 10. Interactive Capability Maturity Model (NBIMS 2011)

I-CMM-menetelmän käyttöön tarvittava dokumentaatio on vapaasti saatavina NBIMS:in osana. Arviointimenetelmän kehitys osana tietomallistandardeja (NBIMS 2007, NBIMS 2011, NBIMS 2015) on parantanut menetelmää päivittämällä menetelmän soveltuvuutta ja sen sisältämien kypsyystasojen määrittämiä. Kehitystyön tavoitteena on pitää menetelmä ajantasaisena huomioimalla kehitysversiona alan teknologian ja markkinan kehitys. Menetelmän käyttöä on todennettu tieteellisesti (McCuen et al 2011, Hamdi & Leite 2012), jonka yhteydessä sen on osoitettu olevan tehokas ja käytännönläheinen työkalu tietomallityöskentelyn arviointiin ja kehitykseen. Menetelmän tulokset jakavat suorituskyvyn eri osa-alueille, jonka jälkeen kehitystoimenpiteet voidaan kohdentaa kehitystoimenpiteet tämän tarkastelun perusteella. Tulosten avulla voidaan kehittää projektiorganisaation tietomallityöskentelyä, mutta ne eivät sovellu hankkeiden väliseen vertailuun.

Arviointimenetelmän valinta

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan tietomallityöskentelyn suorituskyyä rakennushankkeessa. Mielenkiinto kohdistuu hankkeen pääurakoitsijan tietomallityöskentelyyn, jota hankkeessa toteuttavat tietomallia työssään käyttävät pääurakoitsijan työntekijät. Jotta menetelmän käytöllä voidaan yltää tälle työlle asetettuihin tavoitteisiin, tulee menetelmän täyttää seuraavat kriteerit:

- i) Menetelmä tarkastelee projektitasolla suoritettavaa tietomallityöskentelyä. Menetelmän arvioi tietomallityöskentelylle olennaisia osa-alueita ja siinä käytetyt arviointikriteerit arvioivat hanketta todennettavissa olevin määrittein. Menetelmän käytöllä saatujen tulokset muodostavat numeerisen tai muuten verrannollisen tutkimustuloksen, jonka avulla voidaan esittää tietomallityöskentelyn suorituskyyä tutkittavassa hankkeessa.
- ii) Menetelmän tulokset asettavat arvioitavat osa-alueet keskinäiseen tärkeysjärjestykseen, jolloin tuloksien avulla voidaan priorisoida keskeiset parannuskohteet tietomallityöskentelyssä. Suorituskyvyn kehittämiseksi menetelmän tulee tarjota kehitysehdotuksia tietomallityöskentelyn parantamiseksi tutkittavassa hankkeessa.

- iii) Arviointimenetelmän käytöstä on olemassa tieteellistä tutkimusnäyttöä tai sen käyttö perustuu alalla yleisesti hyväksytyille parhaille käytännöille. Arvioinnin tulee olla suoritettavissa ilman ulkopuolisten osapuolten tai käyttöön liittyvien lisenssi- tai konsultaatiokustannusten varaamista. Menetelmän laajuus on sopiva tutkimustavoitteiden täyttämiseksi.

Kaikki kappaleessa tarkastellut arviointimenetelmät täyttävät ensimmäisen vaatimuksen. Ne tarkastelevat projektitason suorituskykyä edustamistaan lähtökohdista ja niiden sisältämien osa-alueiden arviointi perustuu hankkeiden tarkasteluun ja menetelmäkohtaisesti määräytyvien tasojen täyttymiseen kussakin osa-alueessa. Käsitellyt menetelmät muodostavat numeerisen tutkimustuloksen, jota voidaan käyttää hankkeen tietomallityöskentelyn suorituskyvyn esittämiseen. Menetelmät jakavat tuloksen osa-alueisiin sekä asettavat näiden välisen tärkeysjärjestyksen, jonka avulla kehitystoimenpiteitä voidaan kohdentaa. Ne sisältävät kehityspolkuja tai -ehdotuksia, joiden avulla tietomallityöskentelyn suorituskykyä voidaan kehittää lähtötilanteen suorituskyvyn pohjalta. Menetelmien taustalla vaikuttava kehitystyö pohjautuu tieteellisesti todistettujen teorioiden ja alan parhaiden käytäntöjen hyödyntämiseen, ja niiden tuottamien arviointien on tutkimuksessa osoitettu kuvaavan hankkeen todellista tilaa. Tuloksien pohjalta on pystytty myös kehittämään tietomallityöskentelyn suorituskykyä.

Rajaaviksi tekijöiksi tässä tutkimuksessa muodostuvat käytetyn menetelmän laajuus sekä käytön edellyttämä hinnoittelu. BIME:n laaja-alaisuus mahdollistaa sen hyödyntämisen yksilö-, organisaatio- kuin projektitason arvioinnissa tai edellisten kokonaisuutena. BimScore arvioi tietomallityöskentelyä projektitasolla mitaten 56 eri osa-aluetta, joiden sisällä voi olla useampia tarkasteltavia suureita (Kam et al 2013). Tarkasteltavien suureiden runsas lukumäärä hidastaa tiedonkeruuta tutkimuksessa. I-CMM:ssä tarkastellaan yhtätoista osa-aluetta, joiden avulla muodostetaan kuva tietomallityöskentelyn tasosta. Hinnoittelussa I-CMM erottuu joukosta ainoana täysin ilmaisena arviointimenetelmänä. I-CMM-työkirja voidaan ottaa käyttöön rekisteröitymällä NBIMS:in käyttäjäksi. Tällöin käyttäjä saa pääsyn myös NBIMS:in ylläpitämiin tietomallistandardeihin ja oheisdokumentaatioon.

Edellä esitettyyn pohjautuen työssä käytettäväksi menetelmäksi valitaan I-CMM. Se on tietomallintamishankkeen arviointiin kehitetty menetelmä, jonka pohjana toimiva Capability Maturity Model (CMM) on yleisesti tunnettu työkalu suoritustason kehittämisessä (Paulk et al 1993). Rakentamisessa I-CMM:n arviointikategoriat käsittelevät hankkeen tietomallityöskentelyn suorituskykyä ja huomioivat alan erityispiirteet tarjoten kattavan kuvan tietomallityöskentelyn osa-alueista (Hamdi & Leite 2012). Se nostaa esiin tietomallin hyödyntämisen rakentamisen jälkeisessä käytössä ja ylläpidossa sekä laajentaa tietomallin käyttöä rakennushankkeissa. (NBIMS 2015, McCuen et al 2011)

4 INTERACTIVE CAPABILITY MATURITY MODEL-MENETELMÄ

4.1 Capability Maturity Model ja kypsyysmallit

Capability Maturity Model (CMM) kehitettiin alun perin avustamaan Yhdysvaltain puolustusministeriötä sen suorittamien ohjelmistohankkeiden läpiviennissä. Kehityksen taustalla oli ohjelmistotoimittajien suorituskyvyn arvioinnin sisällyttäminen kehityshankekilpailutuksen vertailutekijöihin. Toimittajan todennäköisen suorituskyvyn arviointiin kehitetty menetelmä on myös vakiinnuttanut asemansa ohjelmistokehitystyökaluna, jonka avulla pystytään ohjaamaan prosessiparannusta projektin, osaston tai koko organisaation laajuudessa. (Herbsleb et al 1997, Hamdi & Leite 2012). CMM:n käytöllä pystytään tunnistamaan yrityksen toiminnoissa esiintyvät vahvuudet ja heikkoudet sekä kohdennettujen kehitystoimien avulla parantaa toiminnan suorituskyyä. Kehitystyökaluna kypsyysmalli erittelee tarkastelluille toiminnoille olennaisia kypsyystasoa, joiden avulla voidaan määrittää nykyinen suoritustaso. Nykytasoa seuraava kypsyystaso toimii suorana kehityskohteena toiminnan kehittämisessä. Jokainen saavutettu taso toimii perustana sitä seuraaville kypsyystasojen, jolloin johdonmukainen eteneminen tasolta seuraavalle johtaa parhaisiin lopputuloksiin. Organisaatio voi halutessaan hypätä kypsyystason yli hyödyntääkseen seuraavien tasojen työkaluja ja -käyttökohteita. Tällöin uusien toimintatapojen hyödyntämisellä ei kuitenkaan saavuteta samaa tehokkuutta kuin kypsyystasojen johdonmukaisella noudattamisella (Paulk et al 1993). Kypsyysmallien toimintalogiikka perustuu eräänlaiseen portaiden kiipeämiseen toiminnan kehittämisessä. Tällöin ohitetut kypsyyskriteerit estävät käyttöönotettujen työkalujen täyden hyödyntämisen.

Kypsyysmallien esittämien kehitysasteiden pohjana toimii kypsien ja epäkypsien toimintojen välinen jaottelu. Kypsän organisaation ominaisuuksiin kuuluu kyky kehittää ja ylläpitää sen toimintaa. Tällaisen organisaation työskentelyssä tehtävien tavoitteet ovat selvät ja työskentely noudattaa ennalta asetettuja ja toistettavia toimintaohjeita, joiden avulla tehtävät etenevät loogisesti ja ennakkoidusti. Työskentelylle laaditut ennusteet pohjautuvat historialliseen toteumatietoon ja ovat realistisia siten, että ne täyttyvät suuressa osassa toimintoja. Kypsien organisaatioiden toimintaa kehitetään tarkastelemalla todennettua suoritustasoa. Epäkypsissä organisaatioissa toiminnan määrittely on usein keskeneräistä ja työskentely pohjautuu työn edetessä improvisoituihin kertakäyttöratkaisuihin. Mikäli toimintaohjeita on olemassa, niistä poiketaan säännöllisesti. Epäkypsässä organisaatiossa asetettuihin tavoitteisiin yltäminen on puutteellista, ja edellyttää toiminnallisten oikopolkujen ottamista rinnakkaisten tavoitteiden kustannuksella. Toiminnan kehittäminen epäkypsässä organisaatiossa on tyypillisesti puutteellista. Keskeisiä tekijöitä CMM:ssä ovat prosessin kyky, prosessin taso ja prosessin kypsyys. (Paulk et al 1993)

- Prosessin kyky (Process Capability) kuvaa prosessin suoritukselta odotettuja tuloksia. Odotetut tulokset ennustavat hankkeen lopputulosta ja organisaation onnistumisedellytyksiä tulevilla hankkeilla
- Prosessin taso (Process Performance) kuvaa prosessin suorituksella saavutettuja tuloksia. Prosessin kyky kuvaa odotettua tuloksentuottopotentiaalia, taso saavutettua tulostasoa.
- Prosessin kypsyys (Process Maturity) on tarkkaillun hankkeen kypsyysaste. Se kuvaa tarkastellun prosessin määrittelyn, johtamisen, mittauksen, hallinnan ja tehokkuuden astetta. Organisaation kypsyysasteen avulla voidaan osoittaa kohteita toiminnan kehittämiseksi

CMM-kypsyysaste muodostuu toiminnan odotetusta suorituskyvystä tulosten tuottamiseen sekä todetusta tasosta yltää sille asetettuun tulostasoon. Menetelmän käyttöä parannetun tuottavuuden tavoittelussa on tutkittu runsaasti ja sen käytöstä saadut kokemukset ovat positiivisia. CMM on vakiinnuttanut asemansa IT-alalla ohjelmistokehityksessä, jonka lisäksi menetelmää on sovellettu ja edelleen jatkokehitetty useilla eri teollisuuden aloilla. CMM:n pohjalta kehitetty I-CMM on kehitetty rakentamisen tietomallinnushankkeiden arviointiin ja kehitykseen (Hamdi & Leite 2012).

4.2 Interactive Capability Maturity Model

I-CMM:ää (kuva 11) hyödynnetään rakennushankkeen BIM-suorituskyvyn mittauksessa ja tarkastellun organisaation toiminnan kehittämisessä. Sen avulla tietomallia toiminnoissaan käyttävät organisaatiot voivat tarkastella toimintansa suorituskyyä ja kategoriakohtaisten kehitystoimien avulla parantaa toimintansa tehokkuutta. CMM-menetelmää rakentamiseen soveltava työkalu on kehitetty arvioimaan tietomallinnushankkeissa tapahtuvan tietomallityöskentelyn suorituskyyä huomioiden sekä tietomallintamisen että rakennusalan menetelmälle asettamat erikoispiirteet. Kuten alkuperäisessä CMM:ssä, myös I-CMM:n keskiössä ovat arvioitavan hankkeen prosessien kyky, taso ja kypsyys, jotka huomioidaan menetelmän sisältämien kypsyystasojen edellytyksissä. (Hamdi & Leite 2012)

Suorituskyvyn mittaus menetelmän avulla perustuu yhteentoista kypsyyskategoriaan, joiden sisältämät arviointikriteerit arvioivat hankkeen tietomallityöskentelyä. Kukin kategoria jakautuu kymmeneen kypsyystasoon, jotka sisältävät sanallisia määritteitä tietomallitoiminnoille. Kypsyystasojen asteittainen täyttäminen tehostaa hankkeen tietomallityöskentelyä (McCuen et al 2011). Hanketta tarkastelemalla voidaan todeta kategoriakohtaisesti eri tasoille asetettujen kriteerien täytyminen ja määrittää hankkeen kategoriakohtainen suoritustaso. Suorituskyvyksi määritetään ne kypsyystasot, jotka täytyvät yhdessä niitä edeltävien tasojen kanssa. (NBIMS 2011). Pisteytykseen käytetyt sanallisten määrittelysten vaatavuusaste kasvaa lähestyttäessä kategorian huippua (Hamdi & Leite 2012)


TODAY:

March 10, 2016

© NIBS 2012

The Interactive BIM Capability Maturity Model

Area of Interest	Weighted Importance	Choose your perceived maturity level	Credit
Data Richness	84 %	Data w/Limited Authoritative Information	5,0
Life-cycle Views	84 %	Includes Constr/Supply & Fabrication	4,2
Change Management	90 %	Full Awareness	3,6
Roles or Disciplines	90 %	Partial Ops & Sustainment Supported	6,3
Business Process	91 %	Some Bus Process Collect Info	2,7
Timeliness/ Response	91 %	Data Calls Not In BIM But Most Other Data Is	2,7
Delivery Method	92 %	Limited Web Enabled Services	4,6
Graphical Information	93 %	3D - Current And Intelligent	7,4
Spatial Capability	94 %	Basic Spatial Location	1,9
Information Accuracy	95 %	Limited Comp Areas & Ground Truth	6,7
Interoperability/ IFC Support	96 %	Limited Info Uses IFC's For Interoperability	6,7
Credit Sum			51,9
Maturity Level			Minimum BIM



National Institute of
BUILDING SCIENCES
Facilities Information Council
National BIM Standard

ADMINISTRATION

Points Required for Certification Levels		
Low	High	
40	49,9	Minimum BIM
50	59,9	Minimum BIM
60	69,9	Certified
70	79,9	Silver
80	89,9	Gold
90	100	Platinum

Remaining Points Required For:

Certified

8,1

Kuva 11. NBIMS Interactive Capability Maturity Model v2.0 (ICMM 2012)

Suorituskyvyn arvioinnissa pystytään menetelmään sisältyvien painotuskertoimien (Kuva 12) avulla priorisoimaan eri kategorioiden vaikutusta hankkeen kokonaissuorituskyvylle. Painotusten avulla suorituskyvyssä pystytään paikallistamaan tärkeitä kehityskohteita ja kohdistamaan näihin tarvittavia toimenpiteitä. Hankkeen kokonaissuorituskykyä arvioitaessa kategorian kypsyystason ja vastaavan painotuskertoimen tulo antaa kategorian painotetun suorituskyvyn. Painotukset on laadittu menetelmän kehitystyössä tehtyjen havaintojen pohjalta ja niiden tarkoitus on asettaa kategorioiden välinen tärkeysjärjestys hankkeessa. Laskemalla yhteen kategorioiden painotetut suorituskykyarviot saadaan hankkeen kokonaissuorituskykyä kuvaava summa, jonka suuruus vaikuttaa hankkeen saamaan luokitustasoon.

TODAY:	June 19, 2016			
© NIBS 2012	The Interactive BIM Capability Maturity Model			
	Area of Interest	Weighted Importance	Choose your perceived maturity level	Credit
	Data Richness	84 %	6 - Data w/Limited Authoritative Information	5,0
	Life-cycle Views	84 %	6 - Add Limited Operations & Warranty	5,0
	Change Management	90 %	6 - Full Control	5,4
	Roles or Disciplines	90 %	5 - Partial Plan, Design&Constr Supported	4,5
	Business Process	91 %	7 - Some BP Collect & Maintain Info	6,4
	Timeliness/ Response	91 %	4 - Limited Response Info Available In BIM	3,6
	Delivery Method	92 %	7 - Full Web Enabled Services w/IA	6,4
	Graphical Information	93 %	8 - 3D - Current And Intelligent	7,4
	Spatial Capability	94 %	5 - Spatially located w/Metadata	4,7
	Information Accuracy	95 %	7 - Limited Comp Areas & Ground Truth	6,7
	Interoperability/ IFC Support	96 %	9 - Most Info Uses IFC's For Interoperability	8,6
			Credit Sum	63,9
			Maturity Level	Certified

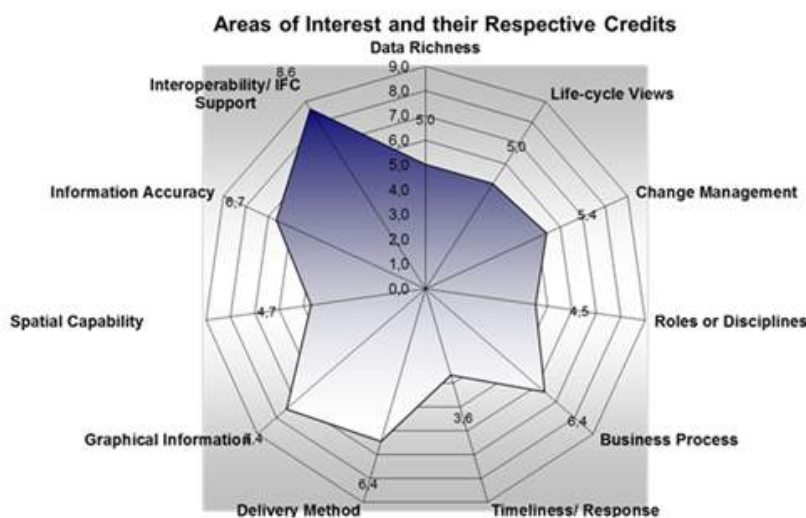
Kuva 12. Painotusten käyttö I-CMM menetelmässä (ICMM 2012)

Luokitustasojen (Kuva 13) avulla voidaan asettaa arvioitavalle hankkeelle menetelmän mukainen arvosana, joka toimii yleislaatuksena kuvaajana hankkeen tietomallityöskentelyn tasosta. Luokitustasot vaihtelevat BIM-minimistä edelleen sertifioituun, hopea-, kulta- ja platinatasoon ja noudattavat painotetun suorituskyvyn kautta saatua suorituskyvyn kokonaistulosta. Niiden avulla voidaan esittää yksinkertaistetusti esittää tietomallitoimintojen taso hankkeessa. Luokitusten saanti edellyttää arvioinnissa kulloistakin pistemäärää, mutta ei rajaa sen tarkemmin kuinka suorituskyvyn tulisi kategorioiden välillä jakautua. Tietomallitoiminnaltaan suurestikin eriävät hankkeet voivat tämän vuoksi yltää suorituskyvyn arvioinnissa samalle luokitustasolle.

Points Required for Certification Levels		
Low	High	
40	59,9	Minimum BIM
60	69,9	Certified
70	79,9	Silver
80	89,9	Gold
90	100	Platinum

Kuva 13. Arvioinnin luokitustasot

Luokitustasojen avulla saatujen kategoriapisteyksien ja näiden summana saadun luokitus-tason lisäksi hankkeen suorituskyyä voidaan tarkastella myös visuaalisesti. Kuvassa 14 on esitetty menetelmään kuuluva painotetun suorituskyvyn visuaalinen kuvaaja, jossa yhdessä esityksessä on havainnollistettu kategorioiden painotettu suorituskyy sekä näiden kautta hankkeen kokonaissuorituskyy. Kuvaajan avulla voidaan tarkastella hankkeen yleistä suorituskyyä ja sen vahvuusalueita sekä samalla tavoin havaita sellaisia kategorioita, joiden suorituskyy on painotusten jälkeen selvästi jäljessä hankkeen yleistä suorituskyyä. Heikosti suoriutuvien kategorioiden havainnoinnilla voidaan kohdentaa kehitystoimenpiteitä tarkastellulle tietomallityöskentelylle noudattaen kategoriassa seuraavan kypsyystason edellyttämiä määrittämiä. Pienempi painotuskerroin alentaa kategorian painotettua suorituskyyä, mikä johtaa usein kokonaisuuden kannalta tärkeiden kategorioiden painotetun suorituskyvyn kuvaajassa pistemäärää kuvaavan sakaran sijoittumista lähemmäksi keskipistettä.



Kuva 14. Painotetun suorituskyvyn kuvaaja (ICMM 2012)

Painotetun suorituskyyvyn ohella painottamatonta suorituskyykyä voidaan tarkastella suhteessa menetelmän sisältämään BIM-minimiin (Kuva 15). BIM-minimi koostuu kategorioille määritetyistä kypsyytasoista, jotka hankkeen tietomallityöskentelyn tulee täyttää ollakseen menetelmän käyttämän nimityksen mukainen todellinen tietomallihanke, jossa mallintaminen tuo konkreettisia hyötyjä toteutukseen (McCuen 2008). Puutteet esitetyn kategoriakohtaisen BIM-minimin täyttämässä asettavat suuria haasteita hankkeen onnistuneelle läpiviennille ja olennaisesti vaikeuttavat tehokkaan tietomallityöskentelyn toteutumista hankkeessa (Giel & McCuen 2014, NBIMS 2011).

Maturity Level	A Data Richness	B Life-cycle Views	C Roles Or Disciplines	G Change Management	D Business process	F Timeliness/ Response	E Delivery Method	H Graphical Information	I Spatial Capability	J Information Accuracy	K Interoperability/ IFC Support
1	Basic Core Data	No Complete Project Phase	No Single Role Fully Supported	No CM Capability	Separate Processes Not Integrated	Most Response Info manually re-collected - Slow	Single Point Access No IA	Primarily Text - No Technical Graphics	Not Spatially Located	No Ground Truth	No Interoperability
2	Expanded Data Set	Planning & Design	Only One Role Supported	Aw are of CM	Few Bus Processes Collect Info	Most Response Info manually re-collected	Single Point Access w/ Limited IA	2D Non-Intelligent As Designed	Basic Spatial Location	Initial Ground Truth	Forced Interoperability
3	Enhanced Data Set	Add Construction/ Supply	Two Roles Partially Supported	Aw are of CM and Root Cause Analysis	Some Bus Process Collect Info	Data Calls Not In BIM But Most Other Data Is	Network Access w/ Basic IA	NCS 2D Non-Intelligent As Designed	Spatially Located	Limited Ground Truth - Int Spaces	Limited Interoperability
4	Data Plus Some Information	Includes Construction/ Supply	Two Roles Fully Supported	Aw are CM, RCA and Feedback	Most Bus Processes Collect Info	Limited Response Info Available In BIM	Network Access w/ Full IA	NCS 2D Intelligent As Designed	Located w/ Limited Info Sharing	Full Ground Truth - Int Spaces	Limited Info Transfers Between COTS
5	Data Plus Expanded Information	Includes Constr/Supply & Fabrication	Partial Plan, Design&Constr Supported	Implementing CM	All Business Process (BP) Collect Info	Most Response Info Available In BIM	Limited Web Enabled Services	NCS 2D Intelligent As-Built	Spatially located w/ Metadata	Limited Ground Truth - Int & Ext	Most Info Transfers Between COTS
6	Data w/ Limited Authoritative Information	Add Limited Operations & Warranty	Plan, Design & Construction Supported	Initial CM process implemented	Few BP Collect & Maintain Info	All Response Info Available In BIM	Full Web Enabled Services	NCS 2D Intelligent And Current	Spatially located w/ Full Info Share	Full Ground Truth - Int And Ext	Full Info Transfers Between COTS
7	Data w/ Mostly Authoritative Information	Includes Operations & Warranty	Partial Ops & Sustainment Supported	CM process in place and early implementation of	Some BP Collect & Maintain Info	All Response Info From BIM & Timely	Full Web Enabled Services w/ IA	3D - Intelligent Graphics	Part of a limited GIS	Limited Comp Areas & Ground Truth	Limited Info Uses IFCs For Interoperability
8	Completely Authoritative Information	Add Financial	Operations & Sustainment Supported	CM and RCA capability implemented and	All BP Collect & Maintain Info	Limited Real Time Access From BIM	Web Enabled Services - Secure	3D - Current And Intelligent	Part of a more complete GIS	Full Computed Areas & Ground Truth	Expanded Info Uses IFCs For Interoperability
9	Limited Knowledge Management	Full Facility Life-cycle Collection	All Facility Life-cycle Roles Supported	Business processes are sustained by CM	Some BP Collect&Maint In Real Time	Full Real Time Access From BIM	Netcentric SOA Based CAC Access	4D - Add Time	Integrated into a complete GIS	Comp GT w/ Limited Metrics	Most Info Uses IFCs For Interoperability
10	Full Knowledge Management	Supports External Efforts	Internal and External Roles Supported	Business processes are routinely sustained	All BP Collect&Maint In Real Time	Real Time Access w/ Live Feeds	Netcentric SOA Role Based CAC	nD - Time & Cost	Integrated into GIS w/ Full Info Flow	Computed Ground Truth w/ Full Metrics	All Info Uses IFCs For Interoperability

Kuva 15. I-CMM:n kategoriataulukko ja BIM-minimi (ICMM 2012, esitetty suurempana kappaleessa 7.3.)

4.3 Arvioitavat osa-alueet

I-CMM tarkastelee tietomallityöskentelyn suorituskyykyä jakamalla sen yhteentoista kategoriaan, jotka jakautuvat edelleen kymmenelle sanallisesti määritetyille kypsyytasolle. Tasojen määritteet koostuvat sellaisista tekijöistä, joiden läsnäolon on menetelmän kehityksessä havaittu olevan yhteydessä onnistuneisiin hankkeisiin ja näissä tapahtuvaan tietomallityöskentelyyn. Määritteiden vaativuus kasvaa kypsyytasojen noustessa, mikä yhdessä kategoriakohtaisten painotusten kanssa ohjaa suorituskyyvyn arviointia huomioimaan tietomallityöskentelyn suorituskyyvylle olennaisia tekijöitä (McCuen 2008). Seuraavissa kappaleissa käydään läpi menetelmään kuuluvat kategoriat (Taulukko 1) ja niiden sisältämät kypsyytämääritteet termeineen.

Kategoriatuntemuksen ohella arvioijan tulee kyetä tarkastelemaan havaitsemiaan asioita oikeissa kategorioissa. Koska menetelmän avulla mitattu tulos aina menetelmän toiminnasta johtuen riippuvainen tutkijasta, on arvioinnissa tärkeää pelkän kategoriatuntemuksen lisäksi tunnistaa kategorioiden välisiä rajavetoja ja vaikutusmekanismeja. Näiden tuntemuksen avulla suorituskyyvyn mittaaminen on helpompaa ja suoraviivaisempaa. Lisäksi menetelmään perehtyneen arvioijan työllä saadut tulokset ovat lähtökohtaisesti tarkempia ja paremmin sovellettavissa tutkitun hankkeen kehittämisessä.

Taulukko 1. *Interactive Capability Maturity Model-kategoriat (NIBS 2015)*

CMM kategoria	Kuvaus
Tietosisällön runsaus <i>Data Richness</i>	Tietomallin sisältämän informaation määrä
Elinkaarikatselut <i>Life Cycle Views</i>	Tietomallin hyödyntäminen hankkeen elinkaaren aikana
Tehtävät tai työryhmät <i>Roles or Disciplines</i>	Tietomallin hyödyntäminen eri osapuolten toimesta
Toimintaprosessit <i>Business Process</i>	Tietomalliprosessien suoritus ja dokumentointi
Muutosjohtaminen <i>Change Management</i>	Prosessien epäkohtiin reagointi ja muutosten jalkauttaminen
Jakelukäytäntö <i>Delivery Method</i>	Jakelu ympäristö informaation vaihdossa sekä varmistamisessa
Täsmällisyys ja hakuvaste <i>Timeliness and Response</i>	Informaation ajantasaisuus ja haettavan informaation vaste
Graafinen informaatio <i>Graphical Information</i>	Visuaalisen informaation aste ja siihen sisältyvä älykkyys
Sijoittumistieto <i>Spatial Capability</i>	Tietomallin sekä paikkatiedon välisen yhteistyön hyödyntäminen
Informaation tarkkuus <i>Information Accuracy</i>	Virtuaalisen tiedon paikkansapitävyys ja yhteys todellisuuteen
Yhteentoimivuus ja IFC-tuki <i>Interoperability/IFC-support</i>	Ohjelmistojen välinen yhteensopivuus sekä IFC-formaatin käytön laajuus hankkeessa

4.4 Tietosisällön runsaus

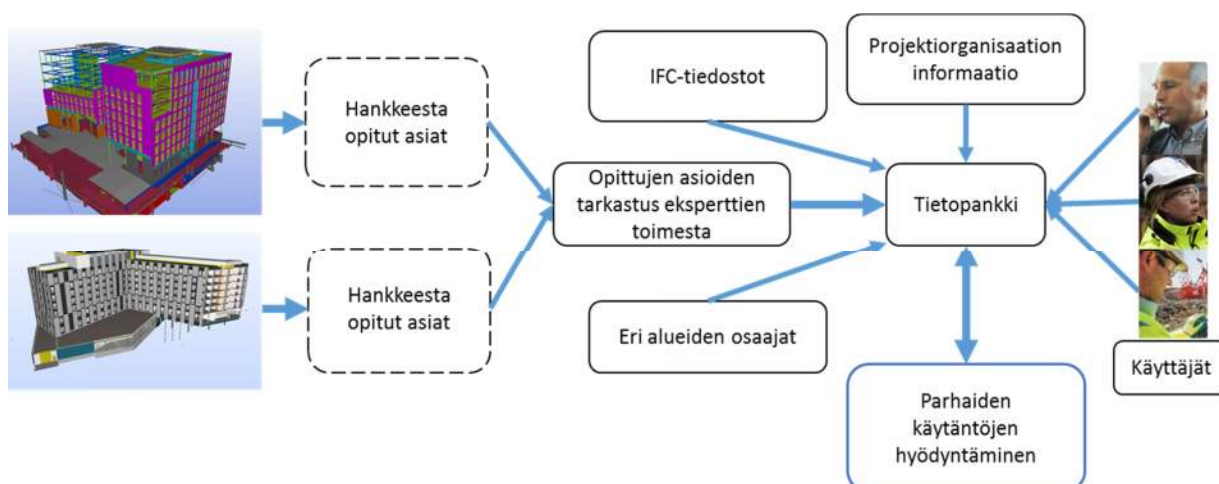
Tietosisällön runsaus (Data Richness) kuvaa tarkasteltavassa hankkeessa saatavilla olevan tietomallipohjaisen informaation laajuutta. Kategoria asettaa lähtökohdat tietomallin hyödyntämiselle hankkeen aikana ja arvioi tietomallin kautta kohteesta saatavan tiedon määrää ja laatua. Tietomallin sisältämän tietomäärän kasvaessa hanketta pystytään viemään eteenpäin tietomallipohjaisesti ilman ulkoisten informaatioväylien tarvetta suunnittelu- ja rakennustiedon välityksessä. Hankkeessa käytetyn tietomallin sisältämän informaation runsaus on olennainen tekijä tietomallityöskentelyyn asetetun luottamuksen luomisessa. Kun mallin kautta haettavalle tiedolle pystytään tuottamaan riittävässä määrin vastauksia, tietomallityöskentelyn asema hankkeen informaationvälityksessä muuttuu määrääväksi. Tietomallin muuttuessa ensisijaiseksi kanavaksi hankkeessa tapahtuvan informaation välityksessä tallennetaan tietomallityöskentelylle olennainen informaatio hankkeen tietomalliin. Tämä lisää tietomallin hyödynnettävyyttä erilaisissa työmaan sovelluksissa sekä lisää mallille asetettua luottamusta.

Taulukko 2. *Tietosisällön runsauden arviointikriteerit (Smith & Tardif 2012)*

Kypsyystaso	Tietosisällön runsaus
1	Tietomalli on käytössä, mutta sen sisältämä tietosisältö on erittäin varhaisessa vaiheessa.
2	Tietomallin sisältämä tietosisältö kasvaa ja uutta tietoa lisätään malliin. Tämä on vielä varhainen kypsyysvaihe.
3	Mallin sisältämään perustietoon aletaan luottamaan.
4	Tietomallin sisältämää tietoa aletaan muuttamaan informaatioksi
5	Tietomalliin ja sen sisältämään tietoon aletaan luottamaan määräävänä ja ensisijaisena tiedonlähteenä.
6	Metatietoa sisällytetään malliin. Mallin sisältämä tieto on parasta saatavilla olevaa.
7	Suurin osa käyttäjistä luottaa informaatioon luotettavana ja määräävänä lähteenä. Tietomallin käyttö edellyttää vähäisiä mallin ulkopuolisia tarkastustoimenpiteitä
8	Informaatio sisältää metatietoa ja toimii määräävänä tietolähteenä työskentelylle.
9	Tietämyksenhallinta-menetelmät on otettu käyttöön BIM-työskentelyssä ja määräävää informaatiota yhdistellään niiden avulla.
10	Tietämyksenhallinta-menetelmät ovat käytössä. Tietosisällön runsauteen pohjaavassa informaatioympäristössä käytännöllisesti katsoen kaikki määräävä tieto on mallinnettu ja linkitetty tietomalliin.

Tietosisällön arviointiasteikossa kuljetaan varhaisessa asteessa olevasta tietosisällöstä kokonaisvaltaiseen tietosisältöön, jonka mallintamisessa hyödynnetään tietämyksenhallintamenetelmiä. Tietomallia, jonka tietosisältö rajoittuu rakennuksen ulkoisista ääripisteistä koostuvaan geometriseen esitykseen, voidaan pitää tietosisällöltään alkeellisena ja varhaisessa vaiheessa olevana. Tietosisällön kasvaessa erilaista tietoa yhdistelemällä tuotetaan informaatiota, jota voidaan hyödyntää hankkeessa (Smith & Tardif 2012). Tasokriteereissä esiintyvä metatieto voidaan käsittää osille erikseen määritettävänä ominaisuuksina, kuten rakennetyypinä tai aikataulutietona. Korkeimmilla kypsyystasoilla käytetyt tietämyksenhallintamenetelmät (Knowledge management) ovat organisaatiotason toi-

mintaohjeita ja -menetelmiä, joiden avulla tehostetaan käytetyn tiedon jakamista ja luomista (Kuva 16). Menetelmien tavoitteena on vähentää tiedonhakuun käytettyä ylimääräistä aikaa ja työtä esimerkiksi työtehtävien suorituksen vakioinnilla, toiminnassa tunnistettujen parhaiden käytäntöjen edistämällä sekä edellisissä hankkeissa opitun tiedon siirtämisellä seuraaviin kohteisiin (Deshpande et al 2014).



Kuva 16. Viitekehys tietämyksenhallintakäytännöistä BIM-työskentelyssä (Mukailen Deshpande et al 2014)

Tietosisällön runsautta arvioidessa kypsyystasoihin kuuluvia sanallisia määritteitä tarkastellaan hankkeelle asetettujen tietomallitavoitteiden kautta. Tietosisällön runsauden kehittämiseksi olennaista on tietomallin ensisijaisuus hanketiedon välityksessä. Tietomalliin asetetun luottamuksen kasvaessa ulkopuolisten tiedonvälityskanavien tarve vähenee ja tietomallityöskentelyn laajuus hankkeen aikana kasvaa. Kategorian huipulla mallinnettava ja malliin liitetty informaatio kattaa likimain kaikki hankkeen elinkaaren aikana vastaan tulevan informaatiotarpeen. (Smith & Tardif 2012)

Elinkaarikatselut

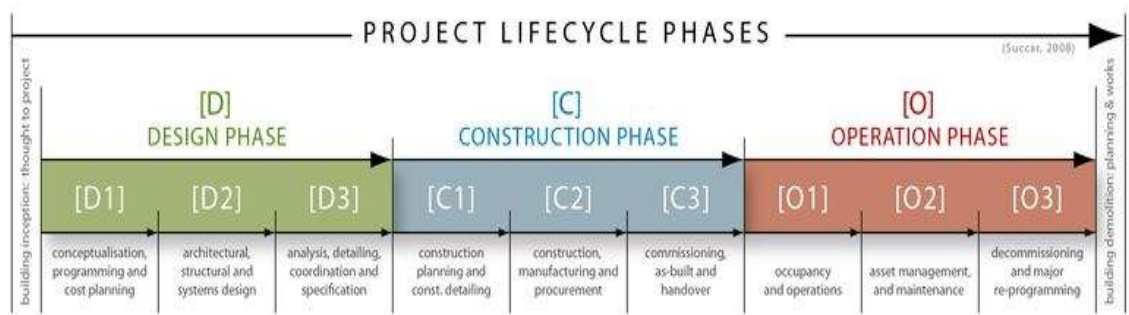
Elinkaarikatselut (Life Cycle Views) tarkastelee tietomallin käyttöä eri osapuolien toimesta hankkeen kokonaiselinkaaren aikana. Elinkaarikatseluiden määrä kuvaa tietomallin avulla tavoitettavaa käyttäjäkuntaa ja kuvastaa hankkeessa tapahtuvan BIM-informaation virtausta hankeosapuolten välillä. Kategorian kuvastama tietomallityöskentelyn laajuus lisää mallinnettavan tiedon hyödyntämistä hankkeessa ja mahdollistaa useiden hankeosapuolien pääsyn mallinnettuun informaatioon. Kypsyystaso-asteikot huomioivat mallityöskentelyn alkavan suunnittelijoiden toimesta hankesuunnitteluvaiheessa ja jatkuvan rakentamisen ja kiinteistön käytön yli kiinteistön korjausrakentamiseen tai purkuun (Smith & Tardif 2012). Kategorian kypsyystasot korostavat tietomallin hyödyntämistä kiinteistön käytössä ja ylläpidossa, joissa tietomallien hyödyntämistä ei vielä yleisesti hyödynnetä. Tietomallin hyödyntäminen rakentamisen jälkeisissä vaiheissa toimii seuraavana kohteena tietomallin käytön laajentamiselle (Azhar 2011, Nutt 2000).

Kategoria huomioi keskeisten hankeosapuolien lisäksi myös ulkoisten käyttäjien ja kunnallisten toimijoiden roolin tietomallin hyödyntämisessä. Mitä suuremmaksi elinkaarikatseluiden määrä kasvaa, sitä laajemmin mallinnettua tietoa hyödynnetään. Tietomallintamisen käyttökohteiden laajeneminen lisää myös tietosisällölle sekä osapuolten tietomalliosaamiselle asetettavia vaatimuksia. Toisaalta tietomallinnuksen yleistyminen eri hankeosapuolten toimissa vähentää rinnakkaisten tietojärjestelmien tarvetta hankkeeseen liittyvän informaation säilytyksessä ja myös parantaa tallennetun tiedon saavutettavuutta hankkeessa. Käyttäjäkunnan laajentaminen vähentää myös todennäköisyyttä ylimääräisen informaation mallintamiselle (Smith & Tardif 2012).

Taulukko 3. *Elinkaarikatseluiden arviointikriteerit (Smith & Tardif 2012)*

Kypsyystaso	Elinkaarikatselut
1	Tietoa kerätään kun se on saatavilla. Yksikään mallivaihe ei ole määräävä tai kattava.
2	Alustavan suunnittelun aikana luotu tieto siirretään tietomalliin. Tietomallia hyödynnetään tyypillisesti joko suunnittelu- tai rakennusvaiheessa.
3	Tietomallia hyödynnetään kahdessa erillisessä vaiheessa. Vaiheiden välillä ei välttämättä tarvitse olla tiedonvälitystä.
4	Tietomallia hyödynnetään kolmessa vaiheessa. Tietomallien välillä ei tarvitse olla tiedonvälitystä, mutta voidaan olettaa että sitä tapahtuu.
5	Tietomallia hyödynnetään neljässä vaiheessa. Mallien välillä tapahtuu osittaista tiedonvälitystä.
6	Tietomallia hyödynnetään viidessä vaiheessa. Aikaisemmista vaiheista välitetään tietoa kiinteistön käyttöön.
7	Aikaisemmista vaiheista välitetään tietoa kiinteistön käyttöön ja ylläpitoon.
8	Tietomallia voidaan hyödyntää kiinteistön kustannusmallin laadinnassa ja kustannusten arvioinnissa. Rakennuksen elinkaarikustannukset voidaan laskea mallin avulla.
9	Tietomallia hyödynnetään kaikissa hankkeen vaiheissa. Tietoa välitetään vaiheiden välillä.

Kategorian arvioinnissa käsitellään sekä mallivaiheiden lukumäärää että vaiheiden välillä tapahtuvaa informaation virtausta. Lisäksi huomioidaan ulkopuolisen informaation yhdistäminen tietomalliin. Tietomallivaiheita voidaan yksinkertaistettuna esittää kuvassa 17. Hankkeen vaiheet jaetaan päätyypeittäin suunnittelu, rakennus- ja käyttövaiheeseen. Edelleen yksinkertaistaen vaiheet voidaan tunnistaa sellaisiksi tietomalliversioiksi, jotka ovat joko ajallisesti tai toiminnallisesti erillisiä toisistaan. Hanketta tarkastellessa selvästi omaksi kokonaisuuksiksi voidaan eritellä esimerkiksi luonnosvaihe, energiasuunnittelu- vaihe, runkovaihe sekä toteumamalli viiden erillisen mallivaiheen koostamiseksi.



Kuva 17. Hankkeen elinkaaren vaiheet (Succar 2009)

Tehtävät tai työryhmät

Tehtävien tai työryhmien (Roles or Disciplines) kategoria viittaa rakennushankkeessa käytetyn tietomallin hyödyntämiseen työntekijöiden sekä työryhmien tasolla. Se kuvaa hankeosapuolten sitoutumista tietomallinnukseen ja arvioi tietomallityöskentelyssä virtaavan informaation laatua hankkeessa. Tietomallinnuksessa mukana olevien ryhmien sitoutuminen hankkeen tietomallityöskentelyyn takaa sen, että ryhmän tuottama informaatio tallennetaan osaksi tietomallia. Tämä edesauttaa tiedon hyödyntämistä seuraavien hankeosapuolten kohdalla ja antaa näille valmiudet täyden tietomallityöskentelyn omaksumiselle omissa toiminnoissaan. Hankeosapuolten sitoutuessa tietomallin käyttöön mallin asema ensisijaisena tiedonvaihtoväylänä hankkeessa kasvaa. Kategorian kypsyystasojen arviointi huomioi elinkaarikatseluiden tavoin kiinteistön käytön ja ylläpidon aikaisen tietomallin hyödyntämisen hankkeessa. Tämä sisältää suunnittelutiedon lisäksi erilaiset huoltokirja- ja kiinteistöjärjestelmä-toteutukset, joissa mallinnettua informaatiota hyödynnetään kiinteistön käytön aikana käyttäjän ja ulkoisten toimijoiden toimesta. Arviointi huomioi nykyisten mallinnussovelluksien kyvyttömyyden nykyisten hankkeessa esiintyvien kattavien rakennus- ja ylläpitotehtävien hoitamisessa. Kategorian arviointi

ohjaa mallityöskentelyä entistä kattavammaksi ja asettaa tällä kategorialla tavoitteita myös tietomallintamisen sovelluskehitykselle. (Smith & Tardif 2012)

Kypsyystasojen arvioinnissa keskeinen kriteeri on tietomallin hyödyntäminen arvioitavien osapuolten keskeisissä tehtävissä. Tietomallin tulee tukea valittua tehtävää siinä laajuudessa, jossa sen voidaan nähdä tarjoavan edellytykset tehtävän läpiviennille. Esimerkiksi BIM-koordinaattorin hankkeessa suorittaman työn voidaan nähdä tukeutuvan täysin tietomallin varaan huolimatta siitä, että tämä käyttää tehtäviensä tukena sähköpostia tai vastaavia yleistyökaluja. Työryhmätasolla kypsyystasojen arviointi pohjautuu hankkeessa asetettuihin tietomallitavoitteisiin, joiden työryhmäkohtaista täyttymistä tarkastellaan työn tuotosten tasolla. Tavoitellun mallinnustason täytyminen merkitsee kyseiseen kypsyystasoon yltämistä.

Taulukko 4. *Tehtävien tai työryhmien arviointikriteerit (Smith & Tardif 2012)*

Kypsyystaso	Tehtävät tai työryhmät
1	Tehtävät vaikuttavat ihmisten työskentelyyn. Tällä tasolla tietomalli ei tue kenenkään työskentelyä täysivaltaisesti.
2	Tällä tasolla tietomalli tukee yhden työntekijän työskentelyä.
3	Tällä tasolla tietomalli tukee osittain ainakin kahden työntekijän työskentelyä, mutta työntekijät joutuvat turvautumaan tehtävissään myös muihin työkaluihin.
4	Tietomallinnus tukee täysin ainakin kahta ihmistä siten, ettei heidän tarvitse tehtävissään turvautua muihin työkaluihin.
5	Tietomallinnus tukee suunnittelutehtäviä siten, että suunnittelu voidaan suorittaa täysin mallipohjaisesti eikä tietomallin ohella ei tarvita muita työkaluja suunnittelutehtävien suorittamiseksi.
6	Suunnittelu- ja rakentamistehtävät voidaan suorittaa täysin mallipohjaisesti eikä tietomallin ohella ei tarvita muita työkaluja tehtävien suorittamiseksi.
7	Suunnittelu- ja rakentamistehtävät voidaan suorittaa täysin mallipohjaisesti eikä tietomallin ohella ei tarvita muita työkaluja tehtävien suorittamiseksi. Käyttö- ja ylläpitotehtävät tukeutuvat osittain tietomalliin.

8	Suunnittelu-, rakentamis-, käyttö- ja ylläpitotehtävät voidaan suorittaa täysin mallipohjaisesti eikä tietomallin ohella ei tarvita muita työkaluja tehtävien suorittamiseksi.
9	Kiinteistöön liittyvät tehtävät koko sen elinkaaren aikana luottavat suorituksessaan tietomalliin.
10	Sisäiset ja ulkoisten toimijoiden suorittamat kiinteistöön liittyvät tehtävät koko sen elinkaaren aikana luottavat suorituksessaan tietomalliin.

Kypsyystasojen arvioinnissa tietomallia tarkastellaan työkaluna hankkeeseen liittyvän informaation välityksessä. Mikäli työryhmän tietomallityöskentelylle asetetut tavoitteet eivät hankkeessa täyty, voidaan kyseisen ryhmän osalta todeta tehtävien toteutuksen edellyttävän tietomallin ohella muita työkaluja informaation tuottamiseen tai jakamiseen. Hankkeen aikana tietomallin potentiaaliseen käyttäjäkuntaan kuuluvat suunnittelijat ja rakentajat, tilaaja ja käyttäjä sekä ulkoiset toimijat koko hankkeen elinkaaren aikana. Kategoria ohjaa tietomallityöskentelyä huomioimaan eri toimijoiden tarpeet tietomallin käytössä. Kuten elinkaarikatselujen kohdalla, myös tässä kategoriassa tietomallinnuksen ajatellaan alkavan kohteen hankesuunnitteluvaiheessa ja havainnoitujen BIM-roolien kertyvän koko hankkeen elinkaaren ajalla. (Smith & Tardif 2012).

Toimintaprosessi

Toimintaprosessin (Business Process) arvioinnissa tarkastellaan hankkeen tietomallityöskentelyyn kuuluvien toimintaprosessien toimintaa sekä niiden kykyä tallentaa ja ylläpitää keräämäänsä informaatiota tietomallissa. Kypsyystasojen kriteerit keskittyvät prosessien määrittelyyn, niiden suorituksessa kerättyyn informaatioon ja viimeisenä kerätyn informaation ylläpitoon tietomallissa. Toimintojen määrittelyllä voidaan ohjata työskentelyä ja selkeyttää toimintojen välisiä vastuualueita. Toiminnoissa kerätty informaatio voidaan tallentaa tietomalliin joko erillisenä prosessina tai toiminnon suorituksen aikana. Informaatiota suorituksen aikana keräävät toiminnot eivät vaadi erillistä tiedonkeräysvaihetta, mikä selkeyttää tehtävien suoritusta ja toiminnan tehokkuutta. Kerätyn tiedon hyödyntäminen edellyttää sen tallentamista tietomalliin, jonka ylläpito varmistaa parhaan saatavilla olevan informaation saatavuuden hankkeen eri osapuolille. Tietomallinnetussa rakennushankkeessa tietomallin tulisi soveltuvin osin toimia informaation lähtökohtaisena tallennuspaikkana (Smith & Tardif 2012).

Prosessien määrittäminen ja määrätietoinen läpivienti sekä suorituksen aikana täydentyvä tietomalli edistävät mallin tietosisällön ohella myös ajantasaisuutta, tarkkuutta ja mallitiedon käytettävyyttä hankkeessa. Laajennetun tietosisällön avulla tietomallin avulla voidaan keskitetysti kommunikoida ja tehostaa työntekoa tarkasteltavassa hankkeessa

(NBIMS 2011). Katteoria arvioi tietomallintamiseen ja hankkeeseen liittyviä tehtävä- tai organisaatiotasolla vaikuttavia BIM-prosesseja, joiden avulla ohjataan työskentelyä tai täydennetään tietomallin sisältämää informaatiota. Prosessien suorituskykyä arvioidaan sekä prosessissa kerätyn informaation kautta että prosessin kyvyssä tallentaa sen keräämä tieto hankkeen tietomalliin. Tietomallin käyttäminen informaation tallennukseen kuvaa tarkasteltavan organisaation kyvykkyyttä tietomallityöskentelyn käyttöön ja kehittämiseen (Smith & Tardif 2012).

Taulukko 5. *Toimintaprosessin arviointikriteerit (Smith & Tardif 2012)*

Kypsyysaste	Toimintaprosessi
1	Toimintaprosesseja ei ole määritelty eivätkä ne tallenna informaatiota tietomalliin.
2	Jotkin toimintaprosessit on suunniteltu keräämään informaatiota tietomallin ylläpitämiseksi organisaatiossa.
3	Osa toimintaprosesseista on suunniteltu keräämään informaatiota tietomallin ylläpitämiseksi organisaatiossa.
4	Pääosa toimintaprosesseista on suunniteltu keräämään informaatiota tietomallin ylläpitämiseksi organisaatiossa.
5	Kaikki toimintaprosessit ovat suunniteltu keräämään informaatiota suorituksen aikana.
6	Kaikki toimintaprosessit ovat suunniteltu keräämään informaatiota suorituksen aikana, mutta harvat niistä pystyvät ylläpitämään informaatiota tietomallissa.
7	Kaikki toimintaprosessit ovat suunniteltu keräämään informaatiota suorituksen aikana. Osa niistä pystyy ylläpitämään informaatiota tietomallissa.
8	Kaikki toimintaprosessit ovat suunniteltu keräämään informaatiota suorituksen aikana ja ne pystyvät ylläpitämään informaatiota tietomallissa.
9	Kaikki toimintaprosessit ovat suunniteltu keräämään informaatiota suorituksen aikana. Osa niistä pystyy ylläpitämään informaatiota tietomallissa reaaliaikaisesti.

Kaikki toimintaprosessit ovat suunniteltu keräämään informaatiota suorituksen aikana ja ne pystyvät ylläpitämään informaatiota tietomallissa reaaliaikaisesti.

Toimintaprosessien määrittely voidaan yleistäen jakaa täsmälliseen ja tavoitepohjaiseen toiminnan tarkkuuteen. Selkeissä ja rajatuissa panos-tuotos-prosesseissa tehtävien täsmällisellä määrittelyllä toimintoja voidaan hallita tehokkaammin. Täsmällisen prosessimäärittelyn avulla toimintoja ja niiden tuotosta voidaan suoraan tarkastella, ennustaa ja ohjata. Tuotantopainotteisten prosessimääritysten ohella toimintaa voidaan määrittää tavoitepohjaisesti, jolloin asetetut tavoitteet ohjaavat toiminnan suoritusta. Tavoitepohjaista toiminnan määrittelyä käytetään usein toiminnoissa, joissa panoksen ja tuotoksen välinen yhteys ei ole suoraan osoitettavissa (Van Looy et al 2011).

Jakelukäytäntö

Jakelukäytännöllä (Delivery Method) tarkoitetaan sitä tietomallityöskentelyn tukena toimivaa IT-ympäristöä, jossa mallin jakelu, käyttö ja kommentointi tapahtuvat. Tietomallin käyttöympäristö on suuressa osassa tietomallityöskentelyn suorituskyvyn arviointia, koska se asettaa puitteet tietomallin tehokkaalle hyödyntämiselle hankkeessa. Koska jakelualusta palvelee kaikkia hankkeen osapuolia, tulee sen tarjota riittävät edellytykset mallin ylläpidolle ja hyödyntämiselle hankkeessa. Jakelukäytäntö arvioi käytetyn IT-ympäristön ohella myös organisaation tiedonvarmistus-käytäntöjä, joiden avulla käyttäjäkohtaiset luku- ja muokkausoikeudet jakeluympäristössä myönnetään (Smith & Tardif 2012).

Jakelukäytännön arviointiasteikon alkupäässä tietomalli sijaitsee fyysisesti yhdellä tietokoneella, eikä sen sisältämää ja siihen syötettä tietoa valvota. Tällä tasolla rajoittunut jakelu ei anna edellytyksiä useiden osapuolten väliselle tietomalliyhteistyölle. Korkeimmalla tasot edellyttävät tietomallin käytölle verkkopalvelupohjaisessa ympäristössä, jossa käyttäjien oikeudet määräytyvät ennalta heidän tehtävänsä mukaisesti määritetyillä kulkukorteilla. Tietomallin käyttöympäristöä arvioidaan mallin saavutettavuuden sekä tähän liittyvien käyttöoikeuksien hallittavuudella. Olennainen osa jakeluympäristön arvostelua on myös tiedonvarmennus (Information assurance), jossa käyttäjät tarpeen mukaan käsittelevät ja muokkaavat tietoa heidän käyttöoikeuksiensa rajaamassa laajuudessa (CPNI 2005). Tiedonvarmennuksen tehtävänä on taata, että mallin tietosisältö on oikeaa ja että tietomalliin syötetään vain luotettavista lähteistä peräisin olevia muokkauksia.

Yksittäisessä tietotasemassa sijaitseva malli tarjoaa vähäiset edellytykset tiedonvaihdolle sekä useiden käyttäjien väliselle samanaikaiselle yhteistyölle. Verkkopohjainen jakelu ympäristö avartaa työskentelyä ja edesauttaa tehokasta BIM-työskentelyä. Laajentunut käyttäjäkunta lisää tietomallin hyödyntämistä, mutta tietomallin käyttöoikeuksien laajeneminen lisää virheiden ja väärinkäytösten riskiä tietomallin sisältämässä informaatiossa.

Jakelu ympäristön tiedonvarmennuskäytännöissä varmistetaan tietomallin käyttöoikeudet hankkeen oikeille vastuuhenkilöille ja varmistetaan tietomalliin tehtyjen muutosten paikansapitävyydestä. (CPNI 2005, Syrjälä 2014).

Taulukko 6. Jakelukäytännön arviointikriteerit (Smith & Tardif 2012)

Kypsyysaste	Jakelukäytäntö
1	Tietomalli on käytettävissä yhdellä tietoa-asemalla, eikä sen käyttöön liity tiedonvarmennuskäytäntöjä.
2	Tietomalli ei sijaitse verkossa, mutta sen käyttäjäkuntaa pystytään hallitsemaan.
3	Tietomalli sijaitsee verkkoasemalla. Mallin käyttöoikeus on rajattu salasanalla.
4	Tietomalli sijaitsee verkkoasemalla. Mallin käyttöoikeuksia hallitaan.
5	Tietomalli sijaitsee rajatussa verkkoympäristössä jossa ei ole käytössä tiedonvarmennuskäytäntöjä. Verkkoympäristö on tyypillisesti yhden hankeosapuolen käytössä.
6	Tietomalli sijaitsee rajatussa verkkoympäristössä jonka käyttäjäoikeuksia pystytään jossain määrin kontrolloimaan. Tiedonvarmennuskäytäntöjä ei ole käytössä. Verkkoympäristö on tyypillisesti yhden hankeosapuolen käytössä.
7	Tietomalli sijaitsee verkkoympäristössä, jossa useat henkilöt pystyvät työskentelemään sen parissa. Manuaalisesti hallittavat, roolipohjaiset tiedonvarmennuskäytännöt ovat käytössä.
8	Tietomalli sijaitsee turvatussa verkkoympäristössä. Tietomallin käyttö ei perustu avoimeen SOA-ohjelmistoarkkitehtuuriin.
9	Tietomalli sijaitsee verkostokeskeisessä verkkoympäristössä. Tiedonvarmennusmenetelmät perustuvat manuaalisesti ylläpidettyyn kulkukorttipohjaiseen valvontaan.
10	Tietomalli sijaitsee verkostokeskeisessä verkkoympäristössä. Tiedonvarmennusmenetelmät perustuvat kulkukorttipohjaiseen valvontaan.

Kategorian arviointimäärittelyissä SOA (Service Oriented Architecture)-lyhenne tarkoittaa palvelukeskeistä ohjelmistosuunnittelua, jossa erilliset tietojärjestelmät pystyvät vuorovaikuttamaan keskenään. Yhteensopivuuden lisääminen ohjelmistojen välillä tuo useita hyötyjä, kuten mm. ylimääräisten työvaiheiden ja päällekkäisen työn vähentäminen. Ohjelmistopuolella arkkitehtuurin edut ovat ohjelmistokehityksessä havaittavissa sovelluksen uudelleenkäytettävyydessä alkuperäisestä poikkeavissa käyttökohteissa ohjelmistojen välisten rajapintojen avoimesta rakenteesta johtuen sekä ylläpidettävyys ohjelmistojen samankaltaisten toimintaperiaatteiden vuoksi (Seppänen 2014, Lammervo 2012).

Täsmällisyys ja hakuvaste

Tietomallin täsmällisyys ja hakuvaste (Timeliness and Response) kuvaa tietomallin sisältämän tiedon saatavuutta ja paikkansapitävyyttä kullakin hetkellä hankkeessa. Tietomallin kautta haetun informaatio täsmällisyyden arvioinnissa kriteerinä on, että tieto on ajantasaista. Ajantasaisuuden lisäksi sen täytyy löytyä mallista siten, että informaatiota voidaan hyödyntää sitä tarvitsevilla tehtävissä. Hakuvaste kuvaa mallinnetun informaation tietosisällön laatua ja sen kykyä vastata kiinteistöä koskeviin tietokyselyihin. Täsmällinen informaatio sisältö kykenee vastaamaan tietomallille asetettuihin informaatiohakuun vain tilanteissa, jossa tietomallin sisältämää informaatiota tallennetaan ja ylläpidetään hankeajataulun puitteissa. (Smith & Tardif 2012)

Tietomallin sisältämä ajantasainen informaatio on avainasemassa tietomallin käytettävyyden arvioinnissa. Informaation tulee olla riittävän kattavaa vastataksaan hankkeessa vastaantuleviin kysymyksiin. Kattavan tietosisällön ohella mallinnetulta informaatiolta edellytetään ajantasaisuutta hankkeen suorituksessa. Kun tietomallin sisältämällä informaatiolla voidaan luotettavasti vastata hankkeessa ilmeneviin kysymyksiin, lisääntyy luottamus tietomallin käyttöön osapuolten toiminna. Rakennusallalla esiintyvien vahvojen ennakkokäsitysten (Miettinen & Paavola 2014) ohella puutteet tietomallin paikkansapitävyydessä lisäävät osapuolten epäluottamusta tietomallien käyttöön.

Taulukko 7. Täsmällisyyden ja hakuvasteen arviointikriteerit (Smith & Tardif 2012)

Kypsyystaso	Täsmällisyys ja hakuvaste
1	Informaatio kerätään uudelleen jokaisen kysymyksen kohdalla. Manuaalinen hakuprosessi on hidas ja se täytyy aloittaa alusta jokaisen kysymyksen kohdalla.
2	Suurin osa informaatiosta täytyy kerätä uudelleen vastauksen saamiseksi. Tiedonkeräys alkaa suoraan oikeasta paikasta.

3	Tietomalli sisältää suurimman osan informaatiosta, mutta useisiin kysymyksiin tarvitaan sen ulkopuolista informaatiota. Ulkopuolelta haettu informaatio tallennetaan tietomalliin.
4	Informaatio tallennetaan tietomalliin ja suurimpaan osaan kysymyksistä voidaan vastata tietomallilla.
5	Huomattavaan osaan rakennukseen liittyvistä kysymyksistä voidaan vastata tietomallilla.
6	Suurimpaan osaan rakennukseen liittyvistä kysymyksistä voidaan vastata tietomallilla.
7	Hätätilanteisissa tarvittava informaatio tallennetaan tietomalliin. Tietomalli toimii tarkan informaation ensisijaisena lähteenä.
8	Tietomalliin tallennettu tieto on saatavilla reaaliajassa. Mallin tietosisällön tarkkuutta valvotaan.
9	Tietomalliin tallennetun informaation taso on riittävän tarkkaa käytettäväksi onnettomuustilanteissa.
10	Tietomallia päivitetään jatkuvasti mitta-antureiden lähettämän tiedon perusteella. Hakutulokset ovat lähes välittömiä, tarkkoja ja yhteydessä todellisiin olosuhteisiin.

Oikea-aikaiset toimenpiteet tietomallin täydentämisessä vähentävät tietomallissa esiintyviä epätarkkuuksia ja mahdollistavat hankkeen etenemisen aikataulussa. Mikäli tietomalli laahaa suunnittelutilanteen jäljessä törmätään hankkeessa toistuviin tietomallin käyttöä rajoittaviin ongelmiin. Informaatiosisällön muodostama sähköinen kokonaisuus automatisoi useita työvaiheita esimerkiksi laskennassa, jossa manuaalinen tiedonkeruu on tietomallinnusratkaisuja hitaampaa. Tietomallissa vastaukset pystytään hakemaan oikein asetuilla hakutermeillä. Rakennustehtävien ohella tietomallin hyödyntäminen voidaan ulottaa myös pelastustoimeen. Automaattisesti päivittyvät ja ulkoisista lähteistä kerättyä tietoa sisältävät järjestelmät voivat hyödyttää esimerkiksi pelastustoimea kiinteistöpalon tai sairaskohtauksen hoitamisessa (Rueppel & Stuebbe 2008). Mallinnetun informaation tarkkuus ja laajuus mahdollistavat tietosisällön hyödyntämisen myös ulkoisten osapuolten toimesta tulevaisuudessa (Smith & Tardif 2012).

Muutosjohtaminen

Muutosjohtaminen (Change Management) tarkoittaa organisaation muutostoiminnan ohjausta ja hallintaa organisaatio-, prosessi- ja yksilötasolla. Organisaation täytyy pystyä

muuttamaan toimintaansa mikäli sen suorituskyky tai toiminnan jatkuminen ovat uhattuina. Toimintojen muutosjohtaminen sisältää prosessien määrittämisen, suorituskyvyn seurannan, muutostarpeen havaitsemisen tarkastelluissa toiminnoissa sekä muutoksen onnistuneen läpiviennin (Lehtiniemi 2015). Ennakoivalla muutoksenhallinnalla pystytään toimintojen ongelmia ratkomaan jo ennen niiden esiintymistä. Onnistuneella optimoinnilla toimintoja muokataan vastaamaan niille asetettuihin tavoitteisiin tai muuttuneeseen toimintaympäristöön. Jatkuvaan kehitykseen pohjautuva toiminnan ohjaaminen tehostaa organisaation tuottavuutta ja pitkällä aikavälillä nostaa toiminnan tason kilpailijoiden yläpuolelle (Kamensky 2014). Puutteet muutosjohtamisen toteutuksessa voivat johtaa mm. heikentyneeseen laatuun, asiakastyytymättömyyteen sekä heikentyneeseen kilpailukykyyn organisaation kilpailijoiden kehittäessä omaa toimintaansa. (Smith & Tardif 2012)

Kategorian arviointi pohjaa toimintojen määrittelylle sekä muutosjohtamisessa tunnistettujen työkalujen käyttöön toiminnan ohjaamisessa. Korkeammilla tasoilla muutoksen ajallinen läpivienti arvioidaan kahden vuorokauden tarkkuudella. Toiminnan määrittelyn tavoitteena on lisätä työn ennustettavuutta ja toiminnan tuotoksia tarkasteltavaa toimintaa vakioimalla. Vakioiduissa toiminnoissa muutostarpeen havainnointi on järjestelmällistä ja tehtyjen muutosten vaikutuksia voidaan analysoida. Mikäli toiminnoissa voidaan havaita muutostarpeita, tulee näihin reagoida kehittämällä toimintaa vastaamaan sille asetettuihin tavoitteisiin. Muutostoimenpiteet tulee valita toimintojen ja toimintaympäristön perusteella siten, että toteutetut muutokset ovat perusteltuja. Tehtyjen muutosten tuloksia tulee seurata ja toiminnassa mukana olevia työntekijöitä kuunnella (Smith & Tardif 2012). Henkilöstön osalta onnistunut muutosjohtaminen luo luottamusta muutosten läpiviennille ja samalla vähentää toimenpiteiden kohtaamaa muutosvastarintaa toimintaprosessien ja -tapojen muutoksissa (Gilley et al 2009)

Taulukko 8. *Muutosjohtamisen arviointikriteerit (Smith & Tardif 2012)*

Kypsyystaso	Muutosjohtaminen
1	Muutosjohtamista ei esiinny eikä sen käyttöönottoa ole aloitettu.
2	Toimintaprosessien määrittämisen ja muutostarpeiden selvittämisen tarve on tunnistettu. Muutosprosessien käyttöönottoa ei ole aloitettu.
3	Toimintaprosessin määrittelyn tarve on tiedostettu ja toimintaprosessin määrittely käynnistetty. Muutosjohtamisen ja juurisyysanalyysin tarve on tiedostettu.
4	Toimintaprosessit on määritelty. Juurisyysanalyysin ja palautteen keräämisen tarve muutoksen johtamisessa ymmärretään.

5	Toimintaprosessit on määritelty. Muutosjohtamisen käyttöönotto on aloitettu.
6	Toimintaprosessit on määritelty. Toiminnan muutostarve tunnustetaan mutta tarvittavia muutoksia ei pystytä panemaan toimeen.
7	Muutosjohtamisen käyttöönotto on aloitettu ja osaa prosesseista ylläpidetään juurisyy-analyysien avulla.
8	Muutosjohtamista otetaan käyttöön, mutta se kohtaa muutosvastarintaa.
9	Toimintaa ohjataan muutosjohtamisen avulla. Muutosten toteutus ei ole tehokasta, ja muutoksen läpivienti kestää tyypillisesti yli kaksi vuorokautta.
10	Toimintaa ohjataan vahvalla muutosjohtamisella. Muutoksen läpivienti kestää tyypillisesti alle kaksi vuorokautta.

Muutosprosessin toteuttaminen alkaa nykytilan analyysillä, jossa havaittuihin ongelmiin pyritään muutostoiminnalla puuttumaan. Muutosjohtamisessa olennaisia lähtökohtia ovat organisaation visio, muutosstrategia ja henkilöstön työkuultuuri. Organisaation visio toimii kehityksen suuntaa kuvaavana tekijänä, jonka edustamien arvojen kommunikointi työntekijöille lisää näiden sitoutumista muutokseen ja valittuun kehityssuuntaan. Kehitysstrategian avulla luodaan tavoitteet kehitystoiminnalle ja kohdistetaan toimenpiteitä oikeille toiminnoille. Strategia määrittää muutostavoitteiden ohella keinot muutoksen aikaansaamiselle toiminnoissa. Yrityksessä vallitseva kulttuuri kuvastaa sen muutosvalmiuksia ja kykyä oppia ja kehittyä. Riittävä kommunikaatio, oikein kohdennetut ja johdetut muutostoimenpiteet sekä tulosten analysointi ovat tärkeitä tekijöitä muutostoiminnan onnistumiselle (Lehtiniemi 2015).

Graafinen informaatio

Graafinen informaatio (Graphical Information) käsittelee tietomallin sisältämää visuaalista informaatiota hankkeen tietomallissa. Kattegoria arvioi visuaalisen informaation hienostuneisuutta ja tietomalliin sisältyvää älykkyyttä mallin käytössä. Lisäksi se huomioi arvioinnissa tietomalliin liitetyn aika- ja kustannusinformaation sekä tietomallin sisältämän informaation ajantasaisuuden valvonnan. Älykkäästi mallinnettu tietomalli-informaatiota voidaan lukea ja hyödyntää hankkeen elinkaaren aikana erilaisissa sovelluksissa, joiden toiminnan edellytyksenä ovat tarkat ja ajantasaiset tilaesitykset (Tardif et al 2012). Tietomallin tarjoama kolmiulotteiden esitys toimii erinomaisena työkaluna suunnitelmien visualisoinnissa ja antaa hankkeen osapuolille entistä paremman käsityksen käsiteltävistä asioista päätöksentekoa varten (Azhar 2011).

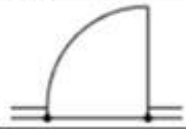
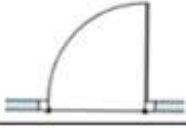
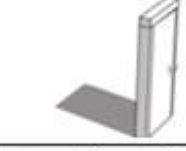

Tietomalli on totuttu tuntemaan visuaalisena esityksenä suunnitteluinformaatiosta, johon voidaan tavoitellun mallinnustarkkuuden mukaan sisällyttää rakenneosille määritettävien ominaisuuksien ohella yksityiskohtaiset rakenne- ja liitosdetaljit. Suunnittelutiedon visuaalisen esityksen ohella BIM mahdollistaa myös rakennushankkeen aika- ja kustannusinformaation sisällyttämisen hankkeen tietomalleihin. Aikainformaation esityksessä tietomallia hyödynnetään mallintamalla suunniteltu rakennusaikataulu osaksi esitystä. Tällöin rakennusta voidaan tarkastella ajallisella akselilla ja havainnollistaa kussakin vaiheessa edellytettyä toteumaa. Aikataulun mallipohjaista esitystä voidaan hyödyntää mallipohjaisissa simuloinneissa, joissa tarkastellaan hanke aikataulun mukaista rakennettavuutta, rakentamisen työturvallisuutta ja työ- sekä tilaresurssien riittävyyttä valitussa aikataulussa (Bryde et al 2012, Koo & Fischer 2000). Ajallinen informaatio voi rakennusaikataulun ohella sisältää esimerkiksi suunnittelu- ja toimitusaikataulua, toteumatietoa tai kiinteistön ylläpidon edellyttämää ajallista informaatiota. Ajallisen mallintamisen jälkeen seuraava kypsyystaso edellyttää kustannusinformaation sisällyttämistä osaksi hankkeen tietomallia. Eri informaatiotyyppien sisällyttäminen osaksi tietomalliesitystä ohjaa hanketyöskentelyä hyödyntämään tietomallia ensisijaisena kommunikointivälineenä hankeosapuolten välillä. Yhtenäisen tietomalliratkaisun luominen edellyttää BIM-osaamisen ja korkeiden tietomallitavoitteiden ohella myös sovelluskehitystä, jonka avulla kategorian korkeimpia tasoja pystytään tehokkaasti hyödyntämään (Smith & Tardif 2012).

Taulukko 9. Graafisen informaation arviointikriteerit (Smith & Tardif 2012)

Kypsyystaso	Graafinen informaatio
1	Tietomalli koostuu tekstistä eikä sillä ole graafista BIM-esitystä.
2	Kaksiulotteiset piirustukset tallennetaan tietomalliin mutta ne eivät kommunikoi keskenään. Piirustukset eivät noudata suunnittelustandardeja.
3	Piirustukset eivät ole älykkäitä eivätkä koostu objekteista. Piirustukset noudattavat kansallisia suunnittelustandardeja.
4	Kaksiulotteiset piirustukset ovat älykkäitä – seinä tunnistetaan seinäksi sille määritettyjen ominaisuuksien pohjalta. Suunnitelmat ovat as-designed.
5	Kaksiulotteiset piirustukset ovat älykkäitä – seinä tunnistetaan seinäksi sille määritettyjen ominaisuuksien pohjalta. Suunnitelmat ovat as-built mutta eivät ajantasaisia.

6	Kaksiulotteiset piirustukset ovat älykkäitä – seinä tunnistetaan seinäksi sille määritettyjen ominaisuuksien pohjalta. Suunnitelmat ovat as-built ja ajantasaisia.
7	Piirustukset ovat älykkäitä ja perustuvat kolmiulotteisten objektien käyttöön.
8	Piirustukset perustuvat kolmiulotteisten objektien käyttöön ja niiden ajantasaisuutta valvotaan.
9	Piirustukset sisältävät aikainformaatiota rakennushankkeesta. Piirustuksia tarkastelemalla voidaan seurata hankkeen toteumahistoriaa sekä tulevia tapahtumia.
10	Piirustukset ovat älykkäitä ja objektipohjaisia. Ne sisältävät aika- taulu- ja kustannusinformaation.

Kypsyystason arvioinnissa tietomalli-käsite voidaan menetelmän puitteissa käsittää tekstipohjaisista tietopankeista koostuvaksi kokonaisuuksiksi, jotka visuaalisuuden tason kasvaessa kehittyvät kaksi- ja korkeimmalla tasolle kolmiulotteiseksi tietomalleiksi. Älykkääksi malli-informaatio voidaan nähdä silloin, kun sen sisältämien määrittelyjen pohjalta suunnittelutietoa voidaan hyödyntää yhdistelemällä tietosisältöä uuden informaation tuottamiseksi. Tietomallisovellukset mahdollistavat nykyisellään tietomallin aika- ja kustannuspohjaisen hyödyntämisen, jonka vuoksi graafisen informaation älykkyys ja ajantasaisuus ovat tärkeitä kriteerejä tietomallin eri osa-alueiden hyödyntämisessä. Kaksi- ja kolmiulotteisen suunnittelun sekä suunnitelmiin sisältyvän älykkyyden suhdetta esitellään kuvassa 18.

Esitys	Menetelmä	Sisältö
	Piirustus	Kuvasisältöä
	Piirustuksen tietomalli	Väivoja ja kaaria
	Geometrian tietomalli	Pintoja ja kappaleita
	Rakennuksen tietomalli	Ovi

Kuva 18. Mallintamisen älykkyys (Mukaillen Mäläskä 2011)

Sijoittumistieto

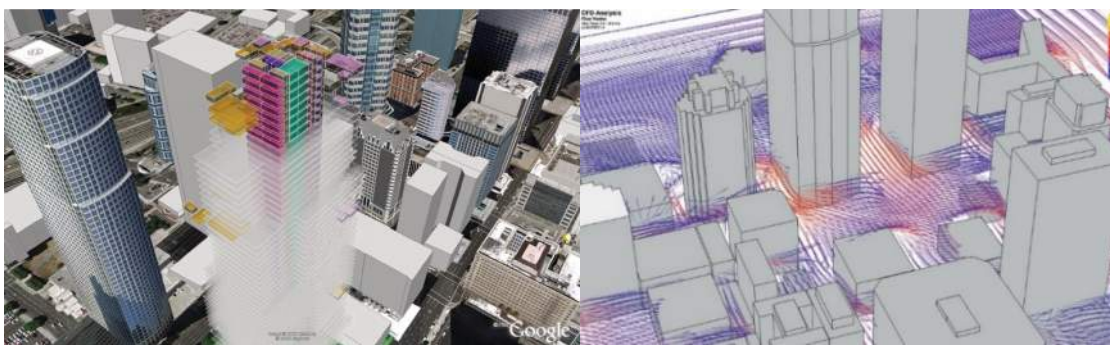
Sijoittumistieto (Spatial Capability) kuvaa tietomallin kykyä toimia yhdessä käytetyn paikkatietojärjestelmän (GIS, Geographical Information System) kanssa. Sijoittumistiedon hyödyntäminen hankkeen elinkaaren aikana sisältää energia-analyysin ja -tarkastelut sekä olemassa olevan infrastruktuurin ja rakennuskannan yhteensovittamisen viranomaistarkasteluineen. Arviointiasteikko alkaa kiinteistön paikkatiedon puuttumisesta ja etenee paikkatiedon hyödyntämisessä korkeimmilla tasoilla tiedonvaihtoon tietomallin sekä paikkatietojärjestelmän välillä. Paikkatiedon taso vaihtelee GPS-mittauksesta paikkatiedon eriasteisiin hyödyntämissiin ja asteikon yläpäässä tietomallin käyttöön osana ensisijaista GIS-paikkatietojärjestelmää. Tietomallien ja paikkatietojärjestelmien yhteiskäytöllä haetaan kuntien olemassa olevan paikka-aineiston yhtenäistämistä ja sen sisältämän informaation helppoa luettavuutta.

Taulukko 10. *Sijoittumistiedon arviointikriteerit (Smith & Tardif 2012)*

Kypsyystaso	Sijoittumistieto
1	Kiinteistön paikkaa ei ole mitattu GPS:llä tai paikkatietojärjestelmällä
2	Kiinteistön paikka on mitattu GPS:llä niin että rakennus voidaan paikantaa.
3	Rakennuksen sijoittuminen tunnetaan, mutta informaatiota ei vaihdeta tietomallin ja paikkatietojärjestelmän välillä.
4	Rakennuksen sijoittuminen tunnetaan tarkasti ja jotain informaatiota voidaan vaihtaa paikkatietojärjestelmän ja tietomallin välillä.
5	Rakennuksen sijoittuminen tunnetaan tarkasti ja informaatiota voidaan vaihtaa paikkatietojärjestelmän ja tietomallin välillä. Tiedonvaihtoa ei voida suorittaa automaattisesti.
6	Rakennuksen sijoittuminen tiedetään ja informaatiota vaihdetaan paikkatietojärjestelmän ja tietomallin välillä.
7	Tietomalli on osittain integroitu paikkatietojärjestelmään.
8	Tietomallin informaatio tunnistetaan rajatusti paikkatietojärjestelmässä.
9	Tietomallin informaatio tunnistetaan osittain paikkatietojärjestelmässä. Metatietoa on saatavilla.

Elektronisten paikkatietojärjestelmien etuna ovat mm. kaavoituksen, kiinteistöomaisuuden, väestörekisterin ja rakennusvalvonnan kartta- ja rekisteritietojen sulauttaminen yhdeksi kokonaisuudeksi. Paikkatietojärjestelmää voidaan hyödyntää erilaisten rajapintojen kautta mm. kartta- ja asemakaavatietoihin, tonttien julkaisuun ja julkisen liikenteen aika-tila- ja reittitietoihin. Oulun kaupunki pyrkii käyttämään investoimaansa Tekla GIS-ohjelmistoa lueteltujen käyttöjen lisäksi myytävien ja vuokrattavana olevien tonttikohteiden hallintaan ja markkinointiin (Tekla 2013). Tietomallintamisen ja kunnallisten aluemallien yleistyessä sovelluskehitys voi tehostaa esimerkiksi pelastustoimea liikennevirran ja pelastusreittien ohjailussa (Rueppel & Stuebbe 2008).

GIS-paikkatiedon ja tietomallintamisen integraatio (Kuva 19) sekä avoimien sovellusrajapintojen hyödyntäminen ovat avanneet tietomallintamiselle uusia käyttökohteita rakentamisympäristössä. Paikkatietojärjestelmän esitys halutusta alueesta havainnollistaa tehokkaasti ympäristö- ja rakennusolosuhteita ja mahdollistaa kiinteistön käyttöön vaikuttavien tekijöiden huomioimisen jo rakentamispaikan valinnassa. Kun sijaintiin liittyvät muuttujat tiedostetaan varhaisessa vaiheessa suunnittelua, voidaan tietomallin ja paikkatiedon yhdistämisellä säästää huomattavia summia suunnittelun lisäksi lämmitys- ja ylläpitokustannuksissa sekä lisätä käyttäjien viihtyvyyttä rakennettavassa ympäristössä (Bimstorm LA 2008).



Kuva 19. Vasemmalla BIM ja Google Mapsin yhteiskäyttö. Oikealla ilmapirtasimulointi BIM/GIS-ympäristössä (BIMstorm LA 2008)

Paikkatietojärjestelmien ja GIS-standardien kehitys yhdessä lisääntyneen tietomallintamisen kanssa avaa uusia käyttökohteita rakentamisessa ja kiinteistönpidossa (Irizarry 2013, Kang 2015). Paikkatietojärjestelmien ja tietomallintamisen käyttö erilaisissa ympäristöissä mahdollistaa virtuaalisen, sijaintipohjaisen paikkatiedon hyödyntämisen tähän soveltuvissa kohteissa ja vastaa nykymaailman kasvaviin tarpeisiin analyysien, seurannan ja ylläpidon saralla (ESRI 2003). Maa- ja metsätalousministeriön linjaamassa paikkatietostrategia 2016-julkaisussa tietomallien osuus paikkatiedon esittämisessä on huomioitu

ja tietomallintamisen käytön linjattu lisääntyvän julkisissa hankkeissa (Maa- ja metsätalousministeriö 2014).

Informaation tarkkuus

Informaation tarkkuus (Information Accuracy) arvioi tietomallin ja sen kuvaaman kiinteistön välisten ominaisuuksien välistä vastaavuutta ja tietomalliin sisältyvät tiedon tarkkuutta. Tietomallista haetun informaation kattavassa hyödyntämisessä täytyy mallin tietosisältöön pystyä luottamaan kaikissa hankkeen vaiheissa. Tietomallityöskentelyn kannalta hankkeen alussa esitetyt tietomallivaatimukset määräävät suurelta osin tarkkuuden tavoitetason (YTV 2012 osa 11). Tarkkuustasosta riippuen mallin avulla voidaan visualisoida ja varmentaa suunnitelmia sekä tuottaa automaattisesti laskettua informaatiota mallin tietosisällöstä. Tavoitteena on että tietomalli vastaa todellista maailmaa tarkasti ja siinä esitetty tieto vastaa oikeita rakennusolosuhteita (Smith & Tardif 2012).

Kategorian arvioinnissa ensimmäinen taso kuvaa manuaalisesti tuotettua ja todellisista määreistä irrallaan olevaa informaatiota, joka ladataan tietomalliin manuaalisesti. Arviointiasteikko laajenee kattamaan sisä- ja ulkotilojen elektronisen arvio- ja määrälaskennan sekä automatisoidun laskennan, jossa informaation laatua valvotaan jatkuvasti. Rakennushankkeessa tietomallin sisältämän informaation tarkkuus vaihtelee hankkeelle asetettujen suunnittelutavoitteiden ja kulloisenkin suunnitteluvaiheen mukaan. Mallin tarkkuus paranee suunnittelun edetessä, mutta lähtökohtaisesti täsmällisellä mallinnustyöllä helpotetaan tietomallin käytettävyyttä ja vähennetään ylimääräistä työtä etenkin suunnittelun myöhemmissä vaiheissa. Täsmällisesti mallinnetut suunnitelmat voidaan helposti täydentää vastaamaan kulloistakin suunnittelutilannetta, ja suunnittelussa voidaan korjaamisen sijaan vanhaa täydentämällä tuottaa uutta sisältöä. Ajantasaisuuden ohella tietomallin tarkkuus on olennainen tekijä tietomallille asetetun luottamuksen luomisessa (Smith & Tardif 2012).

Taulukko 11. Informaation tarkkuuden arviointikriteerit (Smith & Tardif 2012)

Kypsyystaso	Informaation tarkkuus
1	Tietomallin sisältämä informaatio ei pidä paikkaansa. Tietosisältöä ei tarkasteta elektronisesti.
2	Osa sisätilojen informaatiosta tarkastetaan elektronisesti.
3	Tilat lasketaan elektronisesti tietomallista eikä niitä tallenneta erillisenä tieto-ominaisuutena.
4	Sisätilat tunnistetaan elektronisesti ja jotain ulkopuolisten tilojen informaatiosta lasketaan elektronisesti.

5	Suuri osa tietomallin tiloista ja kappaleista tunnistetaan elektronisesti rakennuksen ulko- ja sisäpuolella. Jäljelle jäävät informaatio syötetään käsin.
6	Kaikki sisäiset ja ulkoiset tilat tunnistetaan elektronisesti.
7	Sisätilat voidaan laskea tarkasti elektronisesti. Osa ulkotiloista lasketaan elektronisesti.
8	Kaikki määrät lasketaan ja raportoidaan elektronisesti. Jos objektia muutetaan, päivittynyt informaatio siirtyy laskentaan.
9	Kaikki ulkoiset ja sisäiset määrät lasketaan tarkasti elektronisesti ja mallin vaatimustenmukaisuutta seurataan.
10	Kaikki tilat lasketaan automatisoidusti ja informaation saatavuutta ja tarkkuutta valvotaan.

Informaation tarkkuuden arvioinnissa keskeisenä kriteerinä toimii sisä- ja ulkotilojen tarkkuus. Koska rakennushankkeen määrälaskentaa edellyttävistä kokonaisuuksista pääosa sijoittuu kiinteistön sisätiloihin, kohteen laskennallisista massoista suuri osa rajautuu ulkoseinien sisäpuolelle. Tämän laskentamassan työstäminen tietomallissa edellyttää mallintamiselta sellaista sisätilojen mallintamisen tarkkuutta, jossa kohteen geometria ja määritykset tuottavat luotettavia automatisoituja laskentatuloksia. Sisätilojen tarkkuuden ollessa riittävällä tasolla voidaan kategorian kypsyystasoilla hakea samaa tarkkuutta ulkotilojen kohdalla, jolloin kaikki hankkeen määrät ovat laskettavissa luotettavasti tietomallista. Tarkka laskenta toimii informaation tarkkuuden arviointikriteerinä siksi, että se edellyttää mallilta yksityiskohtaista ja tarkkaa rakenneosien määrittelyä. Mallin tarkkuuden avulla mallinnettua tietosisältöä pystytään luotettavasti hyödyntämään myös rakennusvaiheen jälkeen eri osapuolten käyttämissä sovelluksissa (Smith & Tardif 2012).

Yhteentoimivuus ja IFC-tuki

Yhteentoimivuus ja IFC-tuki (Interoperability/IFC support) mittaa hankkeessa käytettyjen ohjelmistojen välisen yhteentoimivuuden tasoa sekä tietomallintamisessa käytetyn IFC-formaatin yleisyyttä hankkeessa tapahtuvan informaation välityksessä (Smith & Tardif 2012). Yhteentoimivuuden lisääminen tehostaa tietomallin avulla suoritettavaa tiedonvälitystä lisäten mallinnetun informaation saatavuutta hankeosapuolten käyttämissä ohjelmistoissa. IFC (Industry Foundation Classes)-formaatti on tietomallintamisessa asemansa vakiinnuttanut tiedostomuoto, jonka avulla eri mallinnusohjelmistot pystyvät vä-

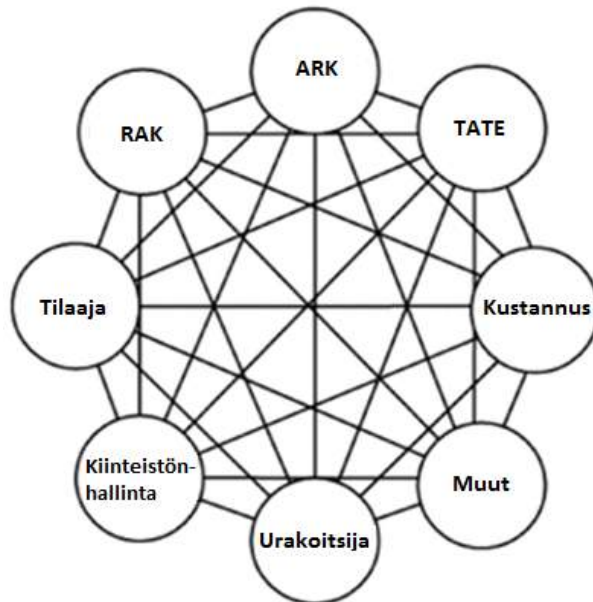
littämään informaatiota keskenään (Solibri 2016). Kategorian arviointiasteikon ensimmäisellä tasolla tiedonsiirto ohjelmistojen välillä edellyttää manuaalisesti toteutettavaa syöttövaihetta kussakin ohjelmistossa. Korkeammilla tasoilla ohjelmistojen välinen yhteentoimivuus kasvaa ja ohjelmistojen välittämä informaatio kulkee vapaasti osapuolten välillä hyödyntäen tiedonsiirrossa alustavapaata IFC-formaattia (Smith & Tardif 2012).

Taulukko 12. *Yhteentoimivuuden ja IFC-tuen arviointikriteerit (Smith & Tardif 2012)*

Kypsyystaso	Yhteentoimivuus ja IFC-tuki
1	Ohjelmat eivät toimi yhteen. Informaatio joudutaan syöttämään kuhunkin ohjelmistoon erikseen.
2	Osa ohjelmista toimii yhteen jollakin tasolla, mutta yhteentoimivuus ei ole automaattista tai saumatonta. Informaation siirto ohjelmien välillä voi tapahtua leikkaa-liimaa-tasolla.
3	Osa laitteista vaihtaa informaatiota keskenään. Yhteentoimivuus ei ole sääntö vaan poikkeus.
4	Informaatio vaihtuu yleensä saman valmistajan kaupallisten ohjelmistojen välillä. Ohjelmistojen väliset rajapinnat voivat asettaa rajoituksia tietomallin hyödyntämiselle.
5	Informaatio vaihtuu yleensä saman valmistajan kaupallisten ohjelmistojen välillä. Kaikkia ohjelmistoja ei tueta.
6	Laitteet vaihtavat informaatiota keskenään. Informaation yhteentoimivuus on normaalikäytäntö.
7	IFC-standardia käytetään rajatusti tiedonsiirtoon joidenkin ohjelmistojen välillä.
8	IFC-standardin käyttö on lisääntynyt, mutta useimmiten tiedonsiirto tapahtuu muulla tavalla.
9	IFC-standardi yhteentoimivuudessa on normaalikäytäntö. Vajaa kolmannes tiedonsiirrosta tapahtuu muulla tavalla.
10	IFC-standardi on käytössä yhteentoimivuuden takaamiseksi.

IFC-standardi on avoin ja alustariippumaton tiedostoformaatti, jonka sisällä oleva informaatio perustuu objektipohjaiseen tietoon. Formaatin kehityksen tavoitteen on ollut yh-

tenäistää rakennusalan mallinnustyöskentelyä tuomalla osapuolten käyttöön tiedonsiirtoformaatti, jonka käyttöön pohjautuva tietomallityöskentely huomioi osapuolten erityistarpeet ja helpottaa tiedonsiirtoa hankkeessa. Kategorian arvioinnissa yhtenäiset ohjelmistot ja mallinnuskäytännöt ovat avainasemassa kypsyystasojen saavuttamisessa. Tietomallinnusta käyttäneistä maista esimerkiksi Suomi, Norja ja Singapore ovat pystyneet vakioimaan IFC-standardin käytön kansallisten tietomallinnusstandardien avulla. Sovellusten välinen yhteensopivuus on lisääntynyt Suomessa mm. TEKES:in ja YTV2012 ohjatessa tietomallinnusta IFC-standardin käyttöön tietomallityöskentelyssä (Howard & Björk 2007). IFC onkin vakiinnuttanut paikkansa suomalaisessa tietomallintamisessa. IFC-tiedostostandardin korkea käyttöaste suomalaisella rakennusalalla lisää ohjelmistojen välistä yhteentoimivuutta, mutta tietomallintamisen vaihteleva osaaminen ja ohjelmistojen väliset tulkintavirheet asettavat haasteita BIM-pohjaiselle tiedonsiirrolle rakennushankkeissa (Rakennustietosäätiö 2013). IFC:n avulla välittyvää tietoa hyödyntävät osapuolet on esitetty kuvassa 20.



Kuva 20. Tiedonsiirron osapuolien yhteistyö IFC-formaatin avulla (Mukaien Nour 2009)

5 TUTKIMUSKOHDE

5.1 Tutkittavat työmaat

Tutkimuskohteena oli pääkaupunkiseudulla sijaitseva kortteli, jolla sijaitsevien kohteiden tietomallityöskentelyn suorituskykyä tutkimuksessa mitattiin. Kohteissa hyödynnettiin samoja rakenteellisia ja visuaalisia ratkaisuja. Kohteiden suunnittelu- ja mallinnusvas-
tuussa olevat organisaatiot olivat yksilötasolle asti samoja. Suunnitteluorganisaatioiden lisäksi kohteiden rakentamisen pääurakoinnista ja rakennuttamisesta vastaavat tahot oli-
vat kummassakin kohteessa identtisiä. Hankkeiden urakkamuotojen, tilaajien ja suunnit-
telusopimuksissa sovittujen mallinnustavoitteiden eroavaisuuksien vaikutus tietomalli-
työskentelyn tasoon suorituskyvyn arvioinnissa arvioitiin osana tutkimusta. Hypoteesina
tutkimuksessa toimi, että tutkittujen hankkeiden suorituskykyä pystyttäisiin havaittujen
yhtäläisyyksien ansiosta arvioimaan yhtenä kokonaisuutena.

Tutkimuskohde koostui kahdesta rakennushankkeesta. Ensimmäinen kohde oli toimitila-
hanke, jonka urakkamuotona toimi kokonaisvastuurakentaminen. Kokonaisvastuuraken-
tamisessa urakoitsija vastaa kohteen rakennustyön lisäksi suunnittelutyöstä ulkoisten
suunnittelijoiden kautta. Kohde sisälsi 11060 m² bruttoalaa ja 47080 m³ rakennustila-
vuutta. Toinen kohde oli hotellihanke, jonka urakkamuoto oli projektinjohtourakka. Pro-
jektinjohtourakassa urakoitsija vastaa rakennustyöstä ja suunnittelun ohjauksesta tilaajan
projektinjohtourakoitsijalle alistamissa suunnittelusopimuksissa. Kohde sisälsi 14 470 m²
bruttoalaa ja 55 960 m³ rakennettavaa tilavuutta. Alueen asemakaavan mukaisesti mo-
lemmat rakennukset olivat arkkitehtuuriltaan korkealaatuisia ja muodostivat rakennetta-
van ympäristön kanssa yhtenäisen kokonaisuuden. Kohteille haettiin LEED-sertifiointia,
mikä edellytti energiankäytön ja ympäristön huomioimista kiinteistöissä käytetyissä
suunnitteluratkaisuissa. Sertifikaattien eteen tehtävien toimien ansiosta kohteiden energi-
ankäyttö ja elinkaarikustannukset olivat olemassa olevaa toimitilarakennuskantaa alhai-
sempia. Pää- ja projektinjohtourakoitsijana toimiva organisaatio toimi rakentamisen, han-
kinnan, kustannushallinnan ja aikataulusuunnittelun asiantuntijana tilaajan suuntaan. Ra-
kennustyötä suorittivat ensisijaisesti aliurakoitsijat, jotka valitaan hankkeeseen tarjous-
pyyntöprosessin ja tilaajan toimittaman hyväksynnän perusteella.

Pääurakoitsijan työmaaorganisaatiot ja hankkeessa havainnoitu tietomallin hyödyntämi-
nen on kuvattu taulukossa 13. Kummallakin kohteella oli oma työmaaorganisaationsa,
joka noudatti yrityksen ohjeistamia toimintatapoja- ja ohjeita tietomallihankkeessa. Pää-
urakoitsijan toiminnoissa tietomallia käyttivät aktiivisesti BIM-koordinaattorin lisäksi
hankintainsinöörit. Osittaista tietomallin käyttöä tapahtui kohteiden tuotantoinsinöörien,
työnjohtajien ja aliurakoitsijoiden ja rakennusosatoimittajien toimesta. Aktiivisessa käy-
tössä tietomallilla pystyttiin täyttämään pääosa käyttäjäryhmän hankeinformaatiolle aset-
tamista tarpeista. Osittaisessa käytössä tietomalli oli käytössä osalla käyttäjäryhmää tai

sen avulla saatu informaatio tyydytti vain osan olemassa olevasta informaatiotarpeesta. Taulukossa esitetty tietomallin hyödyntäminen perustuu tutkimushaastatteluihin sekä hankkeiden aikana tutkittavien osapuolten tietomallityöskentelystä tehtyihin havaintoihin.

Taulukko 13. BIM-käyttö työmaaorganisaatiossa

Toimitilahanke	Hotellihanke
Rakennuspäällikkö	
Projektipäällikkö	Projektipäällikkö
Vastaava mestari	Vastaava mestari
BIM Tuotantoinisinöörit	BIM Tuotantoinisinöörit
BIM Hankintainsinöörit	
BIM BIM-koordinaattori	
BIM Työnjohtajat	BIM Työnjohtajat
BIM Aliurakoitsijat	BIM Aliurakoitsijat

BIM BIM käytössä **BIM** BIM käytössä osittaisesti

5.2 Tutkimusmetodologia

Tutkimus suoritettiin case-tutkimuksena, jossa tutkittavista hankkeista kerättiin tietoa suorittamalla haastattelusarja hankkeessa mukana olevalle pääurakoitsijan henkilökunnalle. Haastattelurunko koostettiin ennen haastattelujen aloittamista siten, että sen sisältämät kysymykset kartoittivat tietomallityöskentelyn osa-alueita vastausten pohjautuessa haastateltavien omiin kokemuksiin hankkeissa. Haastattelurungon osana toimi I-CMM-arviointi, jossa haastateltavat arvioivat hankkeen tietomallityöskentelyn suorituskykyä omien tehtäviensä kautta tarkasteltuna. Suoritettavan haastattelusarjan tavoitteena oli:

- 1) Määrittää lähtötasoarvio tutkittavien hankkeiden tietomallityöskentelyn suorituskyvystä ja tähän vaikuttavista tekijöistä I-CMM-menetelmän laajuudessa

- 2) Tunnistaa arvioinnissa heikosti suoriutuvia kategorioita ja ehdottaa näihin parannusehdotuksia korkeamman kypsyystason mukaisesti
- 3) Määrittää käytetyn menetelmän soveltuvuus tietomallinnetun rakennushankkeen tietomallityöskentelyn suorituskyvyn arviointiin suomalaisessa kontekstissa

Haastattelusarjan tavoitteet jakoivat suoritettavat haastattelut kahteen osioon. Ensimmäisessä osiossa haastateltiin neljää hankkeessa mukana ollutta henkilöä työn liitteiden 1 ja 2 muodostamalla haastattelurungolla tietomallityöskentelyn suorituskyvyn kartoittamiseksi. Haastattelurunko koostui yleisestä hankkeita käsittelevästä osuudesta, I-CMM-arvioinnista sekä menetelmästä saaduista kokemuksista. Yleisessä osiossa kartoitettiin haastateltavan taustaa kysymyksillä tämän ammatillisesta kokemuksesta ja tietomalliosaamisesta hankkeessa. Henkilön taustojen kartoittamisella voitiin arvioida vastausten painoarvoa ja validiutta suorituskyvyn arvioinnille. Lisäksi niiden avulla voitiin ohjata haastattelua täydentävillä ja täsmentävillä kysymyksillä, mikäli yleisen osuuden pohjalta havaittiin erikoisosaamista tai muita tutkimuksellisesti kiinnostavia havaintoja. Tutkimukseen valitussa puolistrukturoidussa haastattelussa haastattelurunko ohjasi keskustelua joustuen tarvittaessa täydentäviin kysymyksiin. Haastattelumuodossa voitiin tehdä alkuperäisiä vastauksia täydentäviä kysymyksiä, mikä syvensi haastattelun avulla saatuja havaintoja (Hirsjärvi & Hurme 2011). Haastateltavat toimivat aktiivisina osapuolina tuoden haastattelussa esille niitä asioita, jotka kuvasivat heidän omaa käsitystä asioiden tilasta. Tarkastelemalla vastaajan käyttäytymistä haastattelun aikana voitiin lisäksi arvioida haastateltavan antamien vastausten puolueettomuutta, perusteluja ja paikkansa pitävyyttä (Hirsjärvi et al 2007). Haastattelija pyrki osiossa toimimaan haastattelurungon läpiviennessä neutraalina menetelmäeksperttinä, joka vastasi tietomallityöskentelyä ja arviointimenetelmää koskeviin kysymyksiin kysyttäessä, eikä paljastanut haastateltaville tietoa muissa haastatteluissa saaduista vastauksista. Haastattelijan tehtävänä oli täydentää haastateltavan menetelmätietämystä itsenäisen suorituskyvyn arvioinnin mahdollistamiseksi siten, ettei haastattelija itse vaikuta haastateltavan antamiin arvosanoihin.

Haastattelujen toisessa osiossa kerättiin palautetta menetelmän tuloksista hankkeiden rakennuspäälliköiltä. Havaitun ja mitatun suorituskyvyn välisen suhteen lisäksi arvioitiin tutkimuksessa laadittujen kehitysehdotusten käytettävyyttä tulevaisuuden hankkeissa. Osion tarkoituksena oli kartoittaa mitatun ja koetun suorituskyvyn välistä suhdetta, eli arvioida vastasivatko menetelmän tulokset hankkeessa koettua tietomallityöskentelyn tasoa. Toisen haastatteluosion tehtiin ensimmäisen osion tavoin puolistrukturoituna edeten tuloksien esittelystä keskusteluun tietomallihankkeiden kehittämisestä. Toisen osion haastattelurunkoa ei esitetä työn julkisessa versiossa. Haastattelun tulokset on avattu soveltavin osin tulosten käsittelyssä.

Kummassakin osiossa haastatellut henkilöt valittiin näiden tietomallityöskentelylle keskeisen roolin perusteella. Haastatellut henkilöt on esitetty taulukossa 14 yhdessä haastattelujen keston kanssa. Esitetyllä otannalla pyrittiin edustamaan tutkittavien hankkeiden

tietomallityöskentelyä kokonaisuutena, jolloin haastattelujoukkoon sovellettavaksi tutkimusmenetelmäksi valittu puolistrukturoitu haastattelu auttoi kokonaiskuvan muodostamisessa eri haastattelujen pohjalta (Hirsjärvi & Hurme 2011).

Taulukko 14. Tutkimuksessa haastatellut henkilöt ja haastattelujen kesto

Haastateltava h:min:s	Syy haastattelulle
BIM-koordinaattori 2:30:15	Keskeinen asema tietomalliprosessissa, näkemys mallintamisen tasosta ja siinä esiintyvistä ongelmista sekä eroista hankkeiden välillä
Projektipäällikkö toimisto 2:05:33	Mukana kummassakin hankkeessa alusta asti, laaja näkemys hankkeiden kehityshistoriasta ja hankkeiden välisistä eroista sekä tietomallintamisen hyödyntämisestä hankkeissa
Projektipäällikkö hotelli 1:45:59	Ottanut tehtävän vastaan toimiston projektipäälliköltä, organisaation ulkoista osaamista ja näkemys tietomallintamisen hyödyntämisestä hankkeessa
Hankintainsinööri 1:50:36	Tietomallin pääkäyttäjä työmaalla, mallin työmaakäytön tuntemus ja kokemus tietomallin hyödyntämisestä tuotannossa
Rakennuspäällikkö 2:08:04	Hankkeen tietomallikokemusten ja I-CMM-menetelmän tulosten vertailu, seuraavien kypsyystasojen edellyttämien kehitystoimenpiteiden arviointi

Haastattelusarjassa hyödynnettiin haastattelurunkoa (Liite 1), jonka avulla kerättiin tietoa hankkeen tietomallityöskentelyn suorituksesta. Taustakysymysten avulla pyrittiin kartoittamaan tietomallin hyödyntämistä hankkeessa sekä haastateltavan omaa työkokemusta ja roolia hankkeissa. Varsinaisen suorituskvyn arviointiin käytettiin haastattelurungon osana toimivaa kategorialiitettä (Liite 2), jossa esitettiin käsiteltävät suorituskvyykategoriat arviointikriteereineen sekä suomenkielisenä käännöksenä että alkuperäisenä englanninkielisenä versiona. Kypsyystasojen suomenkielisiä käännöksiä hyödynnettiin, mikäli kielimuuri rajoitti haastateltavan itsenäisesti suorittamaa arviointia. Kategorialiite toimi samalla alustana puolistrukturoidulle haastattelulle, jossa kategorioiden arviointi ohjasi keskustelua ja täsmentäviä kysymyksiä haastattelussa. Haastattelurunkoa muokattiin haastattelujen edetessä huomioimaan haastattelujen aikana esille tulleita seikkoja hankkeissa tai vastaamaan paremmin englanninkielistä alkuperäistekstiä.

6 TULOSTEN KÄSITTELY

6.1 Haastattelutulokset

BIM-koordinaattorin haastattelu

BIM-koordinaattori toimii hankkeessa tietomallista vastaavana asiantuntijana, jonka vastuualueelle kuuluvat yhdistelmämallin koostaminen, mallintamisen koordinointi sekä mallintamiseen ja teknisiin yksityiskohtiin liittyvien asioiden hallinta. Tutkittavien kohteiden BIM-koordinaattori valittiin haastateltavaksi tämän hankkeissa omaavan tietomallin ylläpidolle ja tietomallityöskentelyn koordinoinnille keskeisen roolin ansiosta. Koordinaattorin aikaisempi BIM-kokemus koostui noin kymmenestä hankkeesta, joissa tämä oli työskennellyt itsenäisissä sekä avustavissa BIM-koordinaattorin tehtävissä. Haastateltu BIM-koordinaattori oli ottanut tehtävän vastaan hankekehityksen alkuvaiheessa koordinoinnista vastanneelta henkilöltä, joka oli siirtynyt uusiin tehtäviin. Koordinaattorin edustama tukiorganisaatio työllistää tutkittavassa hankkeessa yhdestä kahteen toimihenkilöä, joiden tehtävänä on vastata tietomallin yhteensovituksista ja ohjauksesta sekä työmaalla tapahtuvan työskentelyn kehityksestä ja koulutuksesta. Tutkittavan hankkeen lisäksi kyseiset toimihenkilöt vastaavat yhtäaikaaisesti useamman hankkeen tukitoiminnoista.

Nykyisissä tehtävissään haastateltava vastasi kummankin hankkeen tietomallin koordinoinnista. Projektinjohtourakoitsijan palveluksessa toimiva BIM-koordinaattori toimii hankkeessa tietomallintamisen asiantuntijana, joka keskustelee tietomallintamisen edellytyksistä ja tilanteesta hankkeessa. Hän tekee yhteistyötä kaikkien mallintamiseen osallistuvien osapuolien kanssa sekä toimii tarvittaessa tulkkina tietomallintamisen, työmaan ja tilaajan välillä. Koordinaattorin asemassa haastateltava voi analysoida hankkeen tietomallityöskentelyä laajana kokonaisuutena ymmärtäen osapuolten väliset mekanismit tietomallityöskentelyn parissa hankkeessa. Koordinaattorin tehtävä tutkitussa hankkeessa on eri suunnittelualojen laatimien tietomallien koordinointi, suunnittelualakohtaisten tietomallien välinen törmäystarkastelu ja tuotantokelpoisen yhdistelmämallin laatiminen. Saatuaan suunnittelualakohtaiset tietomallit koordinaattori laati näiden pohjalta yhdistelmämallin ja suoritti törmäystarkastelun, jonka avulla koordinoitiin suunnitelmien välisten ristiriitojen korjausta. Havaittuja ristiriitoja käytiin läpi tietomallipalaverissa, jotka nousivat kahden viikon välein päivittyvää yhdistelmämallin valmistumista. Haastateltava koki suunnittelijoiden osallistumisen mallipalaveriin olevan hyvällä tasolla, mutta suunnittelualakohtaisten vastuuhenkilöiden jossain määrin välttelevän omaa vastuutaan tietomallin yhteensovituksessa.

Pääsuunnittelijan tehtäviin lukeutuva suunnitelmien ja mallinnuksen yhteensovitus jäi käytännössä BIM-koordinaattorin vastuulle, eikä yhdistelmämallissa havaittuja ristiriitoja tai suunnitteluvirheitä korjattu ajallaan. BIM-koordinaattori koki pääsuunnittelijan huolehtivan hankkeen mallintamiseen liittyvien vastuiden kantamisesta vähänlaisesti, mikä lisäsi koordinaattorin työmäärää tietomallin koordinoinnissa. Pääsuunnittelijalle kuuluvien suunnitelmien yhteensovittamiseen liittyvien tehtävien tunnistettiin olevan tehokkaimmillaan silloin, kun ne suoritetaan osana suunnitteluprosessia. Tällöin tietomalleissa esiintyvien suunnitteluvirheiden määrä pienenee, törmäystarkasteluissa esiintyvät ristiriidat vähenevät ja BIM-koordinaattori voi keskittää omaa työtään suunnitteluvirheiden sijaan tietomallintamisen koordinointiin. Kohteiden tietomallityöskentelyssä ei suunnittelusopimusten eroavaisuuksien ohella havaittu muita eroja ja käytännön tietomallityöskentely oli kummassakin kohteessa samanlaista.

”Törmäystarkastelujen virheitä ei korjata heti, ne pysyy muuttumattomina mallipalaverien välillä ... Mallintaminen ei ole sillä tasolla mitä on odotettu.”

Mallintamisen suunnittelijavastuiden ohella olennainen epäkohta hankkeen suunnittelutyön ja tietomallintamisen onnistumisessa oli haastateltavan kokemuksen mukaan lähtötietojen puute suunnittelutyössä. Kummassakin hankkeessa tilaajat eivät pystyneet varmistamaan suunnittelun tarvitsemia yksityiskohtia, mikä myöhästi suunnittelua ja vastavuoroisesti töiden suoritusta työmaalla. Suunnittelukiireen koettiin aiheuttaneen eriasteisia virheitä tehtyihin suunnitelmiin ja heikentäneen suunnittelijoiden edellytyksiä pitäytyä mallintamiselle asetetuissa tavoitteissa. Tietomallinnustavoitteiden puutteet raudoitteiden ja kiinnitysdetaljien osalta nähtiin tietomallityöskentelyä heikentävinä seikkoina. Lisäksi elementtisuunnittelun toteutus tietomallin ulkopuolella johti julkisivuelementtien mallintamiseen geometrian tarkkuudella, mikä osaltaan johti elementtiasennuksessa havaittuihin elementtiliitosten virheisiin. Positiivisiksi puoliksi todettiin suunnittelijoiden aktiivisuus tietomallityöskentelyssä ja tietomallipalaverien yhteydessä tapahtuva säännöllinen tarkistusyhteistyö osapuolten välillä. Tutkitussa hankkeessa havaitut mallinnuspuutteet ovat käynnistäneet uusia kehityshankkeita toimitilahankkeiden tietomallityöskentelyn vakioimiseksi sopimussisältöjen ja mallinnustarkkuuden osalta.

”Asuntopuolella tietomallintamisasiat on pitkälle vakioituja omissa hankkeissa. Toimitilapuolella tätä ollaan kehittämässä ... Omaa BIM-osaamista ei hyödynnetty suunnittelusopimuksien laatimisessa, ei osallistuttu hankkeeseen siinä vaiheessa.”

BIM-koordinaattorin kanssa läpikäydyssä I-CMM-arvioinnissa arvioitiin tutkittavaa kokonaisuutta koordinaattorin näkökulmasta koko hankkeen laajuudessa. Hankkeen tietomallien datan runsautta pidettiin hyvänä huomioiden hankkeen suunnittelulle asetetut mallinnustavoitteet. Mallinnettu tieto oli luotettavaa ja parasta saatavilla olevaa, mutta tietomallityöskentelyssä jouduttiin tarkistamaan tietoja tietomallin ulkopuolisesta suunnittelu- ja tuotantoinformaatiosta. Mallinnus jatkui luovutukseen asti ja toteutettiin as-built-tasolle siten, että informaatiota siirtyi aikaisemmista vaiheista rakennuksen käyt-

töön. Tietomallityöskentelyn tuki täysin suunnittelutason tehtäviä. Rakentamisessa, ylläpidossa ja käytössä epäiltiin käytännön toteutuksen vaativan tietomallin ohella myös muita työkaluja. Pääosa toiminnoista tallensi ja ylläpiti informaatiota mallissa siten, että tietomallista pystyttiin ajantasaisella tiedolla vastaavaan huomattavaan osaan rakennusta koskevia kysymyksiä. Tietomalli sijaitsi manuaalisesti hallittavassa verkkoympäristössä ja siihen tehtäviä muutoksia kontrolloitiin kulkuoikeuksien hallinnalla. Haastateltavan arvio kohteen suorituskyvystä on esitetty kuvassa 21.

Area of Interest	Weighted Importance	Choose your perceived maturity level	Credit
Data Richness	84 %	6 - Data w/Limited Authoritative Information	5,0
Life-cycle Views	84 %	6 - Add Limited Operations & Warranty	5,0
Change Management	90 %	6 - Full Control	5,4
Roles or Disciplines	90 %	5 - Partial Plan, Design&Constr Supported	4,5
Business Process	91 %	7 - Some BP Collect & Maintain Info	6,4
Timeliness/ Response	91 %	4 - Limited Response Info Available In BIM	3,6
Delivery Method	92 %	7 - Full Web Enabled Services w/IA	6,4
Graphical Information	93 %	8 - 3D - Current And Intelligent	7,4
Spatial Capability	94 %	5 - Spatially located w/Metadata	4,7
Information Accuracy	95 %	7 - Limited Comp Areas & Ground Truth	6,7
Interoperability/ IFC Support	96 %	9 - Most Info Uses IFC's For Interoperability	8,6
Credit Sum			63,9
Maturity Level			Certified



Kuva 21. BIM-koordinaattorin arvioima I-CMM suorituskyyky hankkeissa

I-CMM-menetelmän käyttö koettiin hyödylliseksi ja seuraavien kypsyystasojen edellyttämät kriteerit todennäköisiksi askeleiksi tietomallityöskentelyn kehittämisessä. Sen arvioimat suorituskyykykategoriat koettiin tietomallityöskentelyä kuvaaviksi, mutta menetelmällä suoritettun arvioinnin nähtiin vaativan kokemusta menetelmästä ja sen kategoriosta niiden välisten vaikutusmekanismien ja kategoriakohtaisten arviointikriteerien ymmärtämiseksi. Lisäksi havaittiin että sijoittumistietoon, käyttäjän ja kolmansien osapuolien tietomallin hyödyntämiseen sekä tietämyksenhallintaan liittyviä käytäntöjä ei laajalti huomioida nykyisten tietomallitoimintojen arvioinnissa.

Hotellin projektipäällikön haastattelu

Hotellihankkeen projektipäällikköä haastateltiin tämän hotellihankkeessa omaavan keskeisen roolin ja kattavan aikaisemman projektikokemuksen vuoksi. Haastateltava oli toiminut yli kahdessakymmenessä hankkeessa vastaavana mestarina, työpäällikkönä ja viimeiset kaksi vuotta projektipäällikkönä. Nykyisen tehtävänsä hotellihankkeen projektipäällikkönä haastateltava otti vastaan toimistohankkeen projektipäälliköltä kesällä 2015. Tehtävässään haastateltava vastasi hotellihankkeen koordinoinnista, suunnittelunohjauksesta sekä tilaajayhteistyöstä. Projektipäällikkö seurasi hankkeessa tapahtuvaa työskentelyä ja omasi laajan kokonaiskuvan hankkeesta ja tarkemmin työmaalla tapahtuvista toiminnoista. Projektipäällikkö ei hyödyntänyt tietomallia omassa työssään, mutta oli tiiviissä yhteistyössä suunnittelijoiden, BIM-koordinaattorin ja työmaan kanssa sekä omasi näin näkemystä hotellihankkeen kokonaisuudesta sekä siinä suoritettavasta BIM-työskentelystä.

Haastateltavalla oli kokemusta tietomallihankkeista aikaisemman työnantajan pilottihankkeista. Työpäällikkötehtävissä toimiessaan haastateltava oli vastannut tietomallihankkeesta, jossa pyrittiin jalkauttamaan tietomallia työmaalla tapahtuvaan työskentelyyn. Suunnitteluvaihetta varten luotu malli tuotiin työmaalle, jossa sen käytöllä pyrittiin tehostamaan suunnitelmien visualisointia ja työn suunnittelua. Hankkeen aikana työmaalla toimi BIM-tukihenkilö, joka vastuualueena oli tuotantoinseinöörin tehtävien ohella ylläpitää 4D-aikataulua käytetyssä tietomallissa. Haastateltava koki erillisen BIM-roolin tukeneen työmaan tietomallityöskentelyä auttamalla tietomallin käytössä, työmaalla malliin syötetyn informaation ajantasaisuudessa ja käyttäjien kohtaamissa ongelmissa. Pilotihankkeessa tietomallin sisältämää suunnitteluinformaatiota ei juurikaan päivitetty ensimmäisen työmaalle luovutetun yhdistelmämallin jälkeen, mikä rajoitti tietomallin hyödyntämistä osassa tavoiteltuja kohteita. Käytetyn mallin tietosisältö kattoi kuitenkin rakennusrungon elementteineen, mitä pystyttiin hyödyntämään runkovaiheen asennusaikataulun visualisoimisessa hankkeen aikana. Pilotihankkeessa työmaan tietomallin käytölle esteitä asetti käytetyn mallin ajantasaisuuden puute sekä käytössä olleiden laitteiden tuomat tekniset rajoitukset tietomallin hyödyntämiselle työmaalla. Mallin ajantasaisuus ja mallinnetun informaation puutteet loivat epäuskoa tietomalliin ja vähensivät siihen tukeutumista hankkeen edetessä. Haastateltava totesi ajantasaisuuden olevan mallinnettavan tietosisällön määrän lisäksi olennaisia tekijöitä tietomallinnustyöskentelylle rakennushankkeessa.

Nyt tutkittavassa hankkeessa tietomallityöskentely oli edellä aikaisempaa pilottihanketta. Olennainen osa BIM-työskentelyn tehostumista oli tietomallin ajantasaisuuden ja mallintamislajisuuden paraneminen. Tietomallin avulla pystyttiin ohjaamaan elementtiasennusta ja täydentämään 2D-kuvien tarjoamaa informaatiota. Lisäksi sen käytöllä pystyttiin tehokkaasti suorittamaan sisä- ja ulkotilojen rakenteiden määrälaskentaa sekä ohjaamaan työn suunnittelua osassa aliurakkasuorituksia. Hankkeen suunnitteluajataulun toteutuksesta valvottiin suunnittelukokousten ohella BIM-palavereissa, joka pidettiin ensin kahden ja hankkeen edetessä yhden viikon välein. BIM-palavereiden tehtävänä oli suunnittelualakohtaisten tietomallien välinen törmäystarkastelu ja yhdistelmämallin tuottaminen. Lisäksi tietomallipalavereissa käsiteltiin tietomallin käyttöön liittyviä asioita ja työmaan havaintoja tietomallin käytöstä. Haastateltava kyseenalaisti mallintamisen ensisijaisuuden suunnittelutyössä, jossa tietomalli tuntui olevan suunnitelmien jälkeen tuotettava oheistuote. Mallintaminen tuntui seuraavan suunnittelutyön jäljessä, eikä mallipalavereissa havaittujen virheiden korjaaminen ollut välitöntä. Yhdistelmämallissa havaitut virheet saattoivat pysyä muuttumattomina usean mallirevision ajan ennen niiden korjaamista vastuullisen suunnittelijan osalta. Lisäksi tietomallipohjaisesti toteutetuissa määrälaskennoissa todettiin kummankin kohteen osalta ohjelmallisia laskentavirheitä, joiden havaittiin aiheutuvan puutteellisesta mallintamistyöskentelystä ja ohjelmallisista tulkintavirheistä mallinnus- ja laskentasovelluksen välillä.

”Vieläkäänhän meillä ei oikeesti oo täydellistä mallia jolla me voitais rakentaa ilman että aina pitää tarkistaa. Suunnittelijat eivät suunnittele suoraan mallintamalla...malli laahaa perässä.”

Hotellihankkeessa mallintamista ohjaavien seikkojen keskiössä toimivat tilaajan laatimat suunnittelusopimukset, joissa mallintamiselle asetetut vaatimukset olivat yleispiirteisiä. Sopimuksissa käytetyt määritteet eivät esittäneet tarkkoja vaatimuksia mallintamisen laajuudelle tai -tavoitteille, mikä vähensi projektinjohtourakoitsijan edellytyksiä ohjata mallinnustyötä. Koska tehdyt määrittelyt olivat yleispiirteisiä, koki haastateltava mallintamisesta vastuussa olevien osapuolten pyrkivän minimoimaan mallinnustyön sopimuksessa eriteltyjen määritteiden puitteissa. Suunnittelusopimusten puitteissa mm. elementtisuunnittelu toteutettiin mallin ulkopuolisena suunnitteluna, josta aiheutui odottamattomia yhteensovitusongelmia työmaatoteutukselle. Hankkeen aikana esiintyi suunnittelupuutteita, joiden koettiin olevan seurausta suunnitteluajatauluun nähden heikosti mitoitetuista suunnitteluresursseista suunnittelua toteuttavien osapuolten toimesta. Myös hankkeen aikana tapahtuneet henkilöstömuutokset suunnittelu- ja projektinjohto-organisaatioissa aiheuttivat väliaikaisia tietokatkoksia hankkeen läpiviennissä.

Kohteen I-CMM-arvioinnissa kohteen tietosisältö nähtiin luotettavana ja sitä kyettiin käyttämään ensisijaisena tietolähteenä osassa hankkeen tehtäviä. Tietosisältö koettiin kuitenkin rajalliseksi sikäli, että paras saatavilla oleva tieto löytyi usein mallintamisen ulkopuolisista 2D-kuvista. Elinkaaritarkasteluissa tietomallia käytettiin useissa vaiheissa toteutamallin ollessa viimeinen tilaajalle luovutettava mallivaihe. Rooleissa ja työryhmissä pisteet jäivät alhaisiksi, koska haastateltava koki suunnittelun ja mallintamisen olevan erillisiä vaiheita osassa tutkittavan hankkeen suunnittelua. Hankkeen kaikkien BIM-prosessien koettiin olevan kykeneviä ylläpitämään informaatiota tietomallissa siinä laajuudessa, mitä hankkeessa oli sovittu mallinnettavaksi, mutta tietomallityöskentelyn rajoittuvan suunnittelusopimuksissa eriteltyyn laajuuteen. Ajantasaisuuden ja hakuvas-teessa osalta huomattavan osan rakennukseen liittyvistä vastauksista lukeutuvan tietomalliin sisällytettyyn informaatioon. Jakelukäytännön katsottiin sijaitsevan avoimessa verkkoympäristössä. Muutosjohtamisesta projektipäällikkö tunnisti, ettei projektioorganisaatio onnistu toteuttamaan tarvitsemia muutoksia riittävän tehokkaasti. Graafinen informaatio hankkeen tietomalleissa pohjautui kolmiulotteisiin objektipohjaisiin esityksiin, joiden ajantasaisuutta valvottiin. Projektipäällikkö pystyi antamaan sijaintitieto-kategoriassa uutta informaatiota sikäli, että Vantaan kaupunki hyödyntää tietomallinnusta omassa paikkatietojärjestelmässään. Nyt rakennettava kaupunginosa on alustavasti mallinnettu, ja olemassa olevaa tietoa käytetään alueen visualisoinnissa. Informaation tarkkuus oli riittävä kaikkien määrien arviointiin ja mallimuutos siirtyi mallin avulla tehtävään raportointiin. Haastateltavan arvio kohteen suorituskyvystä on esitetty kuvassa 22.

Area of Interest	Weighted Importance	Choose your perceived maturity level	Credit
Data Richness	84 %	5 - Data Plus Expanded Information	4,2
Life-cycle Views	84 %	6 - Add Limited Operations & Warranty	5,0
Change Management	90 %	6 - Full Control	5,4
Roles or Disciplines	90 %	4 - Two Roles Fully Supported	3,6
Business Process	91 %	8 - All BP Collect & Maintain Info	7,3
Timeliness/ Response	91 %	6 - All Response Info Available In BIM	5,5
Delivery Method	92 %	8 - Web Enabled Services - Secure	7,4
Graphical Information	93 %	8 - 3D - Current And Intelligent	7,4
Spatial Capability	94 %	5 - Spatially located w/Metadata	4,7
Information Accuracy	95 %	8 - Full Computed Areas & Ground Truth	7,6
Interoperability/ IFC Support	96 %		0,0
Credit Sum			58,1
Maturity Level			Minimum BIM



Kuva 22. Hotellin projektipäällikön arvioima I-CMM suorituskyyky

I-CMM-menetelmässä haastateltava projektipäällikkö ei halunnut antaa vastausta Yhteentoimivuus ja IFC-tuki-kategoriaan. Haastateltava uskoi IFC-käytön olevan kattavaa, eikä ollut kuullut yhteensopivuuteen liittyvistä ongelmista hankkeessa. Haastateltavan mukaan hän ei omannut riittävää teknistä tuntemusta kategorian arvioinnille. Informaation ajantasaisuus ja hakuvaste sekä jakelukäytäntö arvioitiin projektipäällikön kokeemukseen pohjautuen, mutta myös näiden kategorioiden arvioinnin arveltiin haastateltavan mukaan edellyttävän laajempaa teknistä osaamista. Projektinjohtotehtävissä työskentelevän henkilön haastattelu ei odotetusti antanut seikkaperäistä tietoa hankkeen teknisiin yksityiskohtiin, mutta tarjosi aikaisempaa laajempaa näkemystä hankkeen muihin osalualueisiin. Lisäksi haastateltava oli aloittanut tehtävänsä hankkeen ollessa jo käynnissä, eikä täten kommentoinut laajasti hankkeen alkuvaiheisiin liittyviä asioita.

”Ei me saada sitä luottamusta työmaalta, jos mallissa on jotain häikkää. Enemmänkin siellä säilyy se, että tarvitaanko me sitä mallia, kun saman näkee paperiltakin”

Haastateltava tunnisti kehityksenkohteiksi hankkeessa tietomallin jalkauttamisen työmaalle. Nykyinen tietomallin työmaakäyttö keskittyi pienelle määrälle käyttäjiä, mikä johtui osaltaan mallin yleispiirteisestä tietosisällöstä ja puutteista mallin ajantasaisuudessa. Työmaalla koettiin tietomallin käyttöä rajoittaviksi tekijöiksi mallin ulkopuolisen suunnitteluinformaation tarve sekä tästä nouseva epäluottamus tietomallin käyttöön. Projektipäällikkö tunnisti tietomallin käytön ja tälle asetetun luottamuksen kannalta oleelliseksi, että malli seuraisi hankkeen aikana tarkasti suunnittelutilannetta ja sen sisältämän informaation pohjalta voitaisiin toteuttaa kaikki keskeiset rakentamisen tehtävät ilman ulkoisia tarkistuksia. Lisäksi todettiin oikein asetettujen tietomallitavoitteiden ohjaavan hankkeen mallinnus- ja suunnittelutyötä nykyistä paremmin. Tietomallinnetussa hankkeessa tulisi pyrkiä välttämään tietomallin toimimista suunnittelun sivutuotteena.

Toimiston projektipäällikön haastattelu

Haastateltavalla projektipäälliköllä oli laaja kokemus rakennusalan tehtävistä Suomessa ja ulkomailla. Tämä oli työskennellyt uransa aikana rakennesuunnittelijana, tarjouslaskijana, erilaisissa työnjohto- ja tuotantoinsinööri-tehtävissä ja vastaavana mestarina ennen

siirtymistä projektipäälliköksi. Nykyisessä tehtävässään projektipäällikkö oli työskennellyt noin kuusi vuotta. Haastateltava oli uransa aikana ollut mukana yli kahdessakymmenessä rakennushankkeessa, joista nyt tutkittavat hankkeet olivat haastateltavan ensimmäiset tietomallinnettavat kohteet. Projektipäällikkö oli nykyisissä tehtävissään vastuussa toimisto-hankkeen koordinoinnista ja oli vastannut ennen hotellin projektipäällikön saapumista kummankin hankkeen koordinoinnista. Pääpaino tehtävissä oli hankkeen suunnittelunohjauksessa, johon haastateltava arveli käyttävänsä pääosan työajastaan.

Haastateltava projektipäällikkö oli toiminut pääurakoitsijan edustajana kummassakin tutkimuksessa hankkeessa ennen hotellihankkeen projektipäällikön mukaantuloa. Haastateltava tunsi laajalti hankkeen etenemiseen liittyviä tekijöitä ja pystyi kommentoimaan kohteiden kehityshistoriaa, jossa kohteiden alustava aikataulu ja tilaaja-roolit olivat vaihtuneet suunnitelluista. Alkuperäisessä suunnitelmassa hotellihankkeen oli tarkoitus olla ensimmäinen rakennettava kohde toimistorakennuksen seurattessa perässä hotellin valmistuttua. Alkuperäinen tilaaja omisti hotellista 100 % ja toimistosta 50 % pääurakoitsijan toimitilaprojektikehitysyksikön omistaessa toisen 50 % toimistosta. Suunnittelun aikana alkuperäinen tilaaja päätti vetäytyä hankkeista, jolloin hotellihankkeen omistus myytiin nykyiselle tilaajalle ja toimistohankkeen omistus kokonaisuudessaan pääurakoitsijan toimitilaprojektikehitysyksikölle. Koska hotellihankkeen eteneminen oli omistajanvaihdoksen jälkeen epävarmaa, päätettiin toimistohankkeen rakennustyöt käynnistää ensimmäisenä.

Sopimus KVR-urakasta sovittiin pääurakoitsijan ja pääurakoitsijan toimitilaprojektikehitysyksikön välille, jolloin suunnittelusopimukset siirtyivät pääurakoitsijalle. Projektipäällikkö vastasi suunnittelusopimusten laadinnasta toimistohankkeessa. Talotekniikan osalta suunnittelusopimuksien laadinnasta vastasi pääurakoitsijan talotekniikkayksikkö. Sopimuksissa määriteltiin yleisten suunnitteluvastuiden lisäksi kohteen mallintamiselle asetetut vaatimukset hankkeessa. Suunnittelu noudatti pääosin asetettuja aikatauluja, joka mahdollisti rakentamisen aikataulun mukaisen etenemisen ja hankkeen luovutuksen tilaajalle sovittuna aikana. Alkuperäisessä suunnitteluajataulussa pysyttiin pääosin toimistohankkeen osalta, vaikkakin hankkeen aikana tapahtui pieniä ylityksiä sovittuihin tarkarajoihin.

Hotellihankkeessa alkuperäinen tilaaja oli laatinut kohteessa käytetyt suunnittelusopimukset hyödyntäen aikaisempaa rakennusalan kokemustaan. Hotellihankkeen alkuperäinen tilaajan myi hankkeen nykyiselle tilaajalle yhdessä suunnittelusopimusten kanssa, jonka jälkeen sovittiin PJ-urakkasopimuksesta pääurakoitsijan kanssa. Kohteen mallintamista käsittelevät sopimuslinjaukset olivat suunnittelusopimuksissa yleislaatuisia, eivätkä ne eritelleet mallinnustavoitteita tai -sisältöä esimerkiksi YTV2012 edellyttämällä laajuudella. Suunnittelusopimusten arveltiin pohjautuvan ei-mallinnettavien kohteiden pohjalle siten, että tietomallintamiselle ei sopimuksessa asetettu riittävän tarkkoja vaatimuksia. Haastateltava koki, että suunnittelusopimuksessa määritelty mallinnustavoitteet ja -vaatimustaso toimivat tärkeänä työkaluna suunnittelutyön ohjaamisessa, jossa suunnittelun tuloksia voidaan verrata sopimuksessa määriteltyyn tasoon. Riittävät ja oikein

asetetut tavoitteet edistävät myös tietomallin hyödyntämistä hankkeen elinkaaren aikana, kun tavoitteiden asettamisessa huomioidaan kohteen elinkaaren aikana kaavaillut käyttö-tarkoitukset. Haastateltavan mukaan suunnittelusopimuksen vajavaisuudet mallinnuksen määrittelyssä voivat kannustaa erilaisten oikoteiden hyödyntämiseen mallintamisessa ja näkyvät nyt tarkasteltujen kohteiden välillä heikentyneessä mallintamistarkkuudessa ja tietosisällössä. Suunnitteluajataulun osalta hotellihankkeessa kohdattiin toimistohan-ketta enemmän vastoinikäymisiä.

”Pääsuunnittelija vastaa eri suunnittelualojen yhteensovituksesta...arkkitehti yrittää päästä omasta tehtävästään irti jos se ajattelee että tietomallikoordinaattori hoitaa hänen tehtävät ... Suunnitelmat jäivät yhteensovittamatta.”

Kohteiden hankekehityksessä kohteiden suunnittelutehtävät oli alkuperäisten tilaajien toimesta kilpailutettu. Kilpailutuksessa oli päädytty hyödyntämään kohteiden välillä yhteistä suunnitteluorganisaatiota, jonka tehtävänä oli toteuttaa sekä hotelli- että toimistohankkeiden suunnittelutehtävät. Hankkeiden tilaajamuutoksien ja käännetyin aloitusjär-jestyksen koettiin lisänsuunnittelijoiden työmäärää hankkeissa. Toimistohankkeen rakentamisen alkaessa suunniteltua aikaisemmin suunnittelijoiden tuli tuottaa toteutus-kelpoisia suunnitelmia varsin tiheällä aikataulussa. Tämä vaati paljon resursseja, jotka pääosin lainattiin hotellihankkeen suunnittelusta. Toimistohankkeen edetessä hotelli-hankkeen aloituspäätös tehtiin toisen kohteen suunnittelutehtävien ollessa yhä käynnissä mikä edellytti edelleen uusia suunnitelmia. Rinnakkaisten kohteiden yhtäaikaisen suunnittelun arveltiin vaikeuttaneen suunnitteluresurssien allokoimista kohteiden välillä. Suunnitelmien yhteensovitus oli vajavaista ja niiden informaationsisältö ja viimeistely puutteellista suhteessa rakentamisen edellyttämään tasoon myös ennen hotellihankkeen aloitusta, mutta sen aloitus heikensi tasoa entisestään. Suunnittelussa vaikuttaneiksi ongelmiksi projektipäällikkö nimesi kahdesta päällekkäisestä hankkeesta seuranneen työ-taakan, suunnittelijoiden kokemattomuuden sekä hankkeiden laajuuteen nähden alimitoi-tetut suunnittelutarjoukset. Kohteiden välisessä tietomallityöskentelyssä ei nähty huomattavia eroavaisuuksia.

Tietomallia oli kohteessa hyödynnetty hotellihankkeen tavoin suunnitelmien visualisoinnissa ja kohteen erilaisissa määrälaskennoissa. Suunnitelmien visuaalinen hahmottaminen oli tehostanut käsiteltävien asioiden läpikäyntiä suunnittelunohjauksessa. Sähköinen määrälaskenta oli hyödyttänyt hankinnan lisäksi myös työnjohtoa, jossa materiaalmäärät kerrosten ja lohkojen välillä oli tietomallin avulla laskettu ja hyödynnetty työsuunnittelussa. Haasteita työmaakäytölle kohteessa oli asettanut mallin sisältämän tietosisällön vajavaisuus. Työn suoritukselle olennaisten osien tai detaljien puuttuminen teki mallin hyödyntämisestä työmaakäytössä haasteellista ja edellytti ulkoisten informaatiolähteiden käyttöä. Lisäksi valtaosa työmaan toimihenkilöistä ei ole tottunut tietomallin käyttöön omissa tehtävissään tai sen hyödyntämistä ei ole ohjeistettu.

Kohteen I-CMM suorituskypsyssä haastateltava totesi tietosisällön olevan tasolla, jossa sen avulla tuotettu informaatio on luotettavaa. Hän ei kuitenkaan uskonut BIM:in olevan

hankkeessa määräävä tai ensisijainen tiedonlähde. Elinkaarikatseluissa tiedonvälityksen nähtiin päättävän toteumamalliin, joka annetaan tilaajan käyttöön kohteen luovutuksen yhteydessä. BIM-pohjaisissa rooleissa projektipäällikkö koki, että suunnittelussa tietomalli on oheistuote eikä varsinainen suunnittelutyökalu. Toimintaprosessin arvioinnissa haastateltava ei kokenut olevansa valmis antamaan tarkkaa arviota BIM-prosessien tasosta, mutta totesi BIM-hankkeiden suunnittelunohjaukseen liittyvien toimintatapojen olevan kehityksen alla. Täsmällisyyden osalta todettiin huomattavan osan rakennukseen liittyvästä informaatiosta löytyvän kohteen tietomallista, mutta mallin käyttö ensisijaisena tiedonlähteenä kyseenalaistettiin. Jakelukäytäntö tunnistettiin roolipohjaiset tiedonturvaamiskäytännöt omaavaksi verkkoympäristöksi. Muutosjohtamisessa muutosten toimeenpano ei onnistunut, eikä suunniteltuja muutoksia pystytty viemään läpi toteuttavassa organisaatiossa. Graafisen informaation kohdalla tietomalli todettiin 3D-objekteihin pohjautuvaksi esitykseksi, jonka ajantasaisuuden valvomiseksi pidettiin suunnittelukokouksia ja tietomallipalavereita. Sijoittamistieto-kategoriassa paikkatietoa hyödynnettiin tietomallin kanssa mm. energiasuunnittelussa, mutta tiedonsiirto näiden välillä edellytti manuaalista työskentelyä. Informaation tarkkuudessa tietomallin muutokset johtivat muutokseen raportoinnissa, mutta laskentavirheet mm. alakattojen kohdalla rajoittivat korkeampaa pisteytystä. IFC:n koettiin olevan käytössä tiedonvälityksessä siten, että valtaosa ohjelmien välisestä kommunikaatiosta tapahtuu ilman ylimääräisen työskentelyn tarvetta. Haastateltavan arvio kohteen suorituskyvystä on esitetty kuvassa 23.

The Interactive BIM Capability Maturity Model			
Area of Interest	Weighted Importance	Choose your perceived maturity level	Credit
Data Richness	84 %	4 - Data Plus Some Information	3,4
Life-cycle Views	84 %	6 - Add Limited Operations & Warranty	5,0
Change Management	90 %	6 - Full Control	5,4
Roles or Disciplines	90 %	4 - Two Roles Fully Supported	3,6
Business Process	91 %		0,0
Timeliness/ Response	91 %	5 - Most Response Info Available In BIM	4,6
Delivery Method	92 %	7 - Full Web Enabled Services w/IA	6,4
Graphical Information	93 %	8 - 3D - Current And Intelligent	7,4
Spatial Capability	94 %	5 - Spatially located w/Metadata	4,7
Information Accuracy	95 %	8 - Full Computed Areas & Ground Truth	7,6
Interoperability/ IFC Support	96 %	9 - Most Info Uses IFC's For Interoperability	8,6
Credit Sum			56,8
Maturity Level			Minimum BIM



Kuva 23. Toimiston projektipäällikön arvioima I-CMM suorituskyky toimisto-hankkeessa

Kehitysehdotuksia kysyttäessä haastateltava totesi kaikkien osapuolien pystyvän parantamaan toimintaansa tulevia tietomallihankkeita ajatellen. Olennainen asia hankkeiden tietomallipohjaisessa toteutuksessa on projektipäällikön mukaisesti se, että tietomallia käytetään ensisijaisena lähteenä kaikelle hankkeessa välitettävälle suunnitteluinformaatiolle. Tietomallin tulee kuvastaa suunnittelutilannetta sekä tietosisällön ja ajantasaisuuden osalta siten, että suunniteltu tietomalli tukee työmaalla tapahtuvaa käyttöä. Toisaalta työmaalla työskentelevien henkilöiden tulee omalta osaltaan kyetä hyödyntämään tehokkaasti tietomallia. Kokonaisvaltaisen tietomallityöskentelyn mahdollistamiseksi tulisi

mallinnettavan tietosisällön laajuuden ja mallinnustavoitteiden vastata eri osapuolten kykyä hyödyntää tietomallia hankkeen elinkaaren kussakin vaiheessa.

”Ongelma tuntui olevan, että ei suunniteltu suoraan siihen malliin, vaan tehtiin tasokuvat ja sitten myöhemmin päivitettiin mallia, eli siitä mallista ei välttämättä nähnyt sitä suunnittelutilannetta ... Suunnittelijoiden pitäisi kehittyä niin että he pystyvät sillä mallilla suunnittelemaan.”

I-CMM-menetelmän käytössä haastateltava arveli suomalaisten ja yhdysvaltalaisien rakentamis- ja mallinnuskäytäntöjen eroavan jossakin määrin toisistaan. Suorituskyvyn arvioinnissa tulisi tällaiset erot ottaa huomioon esimerkiksi muokkaamalla kategorioiden painotuksia vastaamaan maiden välisten käytäntöjen eroihin. I-CMM:n hyödyntäminen suorituskyvyn arvioinnissa edellyttää haastateltavan kokemuksen mukaan perehtymistä hankkeeseen käsiteltyjen kategorioiden laajuudessa. Lisäksi arvioinnissa tulee osata käyttää menetelmää kokonaisuutena. Osa kategorioista edellyttää yksityiskohtaista tietämystä hankkeen tietomallityöskentelystä ja teknisistä yksityiskohdista. Suoritetussa hankkeen arvioinnissa nämä kategoriat vaativat pohtimista useamman kypsyystason välillä haastateltavan pohtiessa kriteerien täyttymistä hankkeissa.

Hankintainsinööri

Kohteen hankintainsinööri valittiin haastateltavaksi hankintatehtävissä hyödynnetyn laaja-alaisen tietomallityöskentelyn vuoksi. Hankinta-insinöörin työkokemus koostui reilusta kymmenestä kohteesta, joissa tämä oli toiminut työnjohtajana, tuotanto- ja viimeisimpänä hankinta-insinöörinä. Tietomallihankkeita oli nyt tutkittavien kohteiden lisäksi yksi. Hankintainsinöörillä oli rakennusarkkitehdin AMK-koulutus, johon kuuluva mallinnuskokemus lisäsi haastateltavan kokemuksien mukaan valmiuksia tietomallin hyödyntämiseen tämän omassa työssä. Haastateltava vastasi kummankin työmaan hankintatoimista siten, että haastateltavan alaisuudessa toimi osan hankkeiden kestosta avustava hankintainsinööri.

Hankintainsinöörin tehtäviin hankkeessa kuului työmaalla suoritettavien urakkasuoritus-ten tarjouspyyntö-, vertailu- ja sopimusprosessi. Tarjouspyynnöissä tietomallia hyödynnettiin määrälaskennassa, jossa mallin avulla kyettiin tuottamaan nopeasti tarkkoja listauksia kohteiden määrästä annettujen rakennetyyppien ja materiaaliominaisuuksien avulla. Määrälaskennan lisäksi tietomallia hyödynnettiin hankinnan osalta runsaasti teräsbetonielementtien ja teräsrakenteiden tuoteosakaupoissa. Tietomallia hyödynnettiin tuoteosakauppojen osalta rakenteiden tuotannossa, mutta työmaalla tapahtuvissa urakkasuorituksissa sen käyttö oli aliurakoitsijoiden toimesta vähäistä.

Hankintainsinööri koki tietomallintamisen tehostavan työskentelyä hankintatehtävissä. Määrälaskennassa laajempien urakkakokonaisuuksien laskenta oli suoraviivaistunut, ja

Hankkeen I-CMM arvioinnissa arvioitiin kokonaishanketta hankintainsinöörin tehtävien laajuudessa niiltä osin, joihin tämä pystyi tarjoamaan oman arvionsa mukaan kattavia vastauksia. Elinkaarikatseluiden, toimintaprosessien sekä IFC-tiedon ja yhteensopivuuden osalta hankintainsinööri vastasi oman näkemyksensä mukaisesti ilman, että arvio vastaa koko hanketta. Sijaintitietoon haastateltava ei pystynyt oman tehtävänsä puitteissa vastaamaan, jonka vuoksi kategorialla ei arvioitu tässä haastattelussa.

Hankkeen tietomallin tietosisältö koettiin runsaaksi ja sen sisältämä tieto ensisijaiseksi lähteeksi rakennukseen liittyvän informaation keräämisessä. Paras saatavilla oleva tieto jouduttiin kuitenkin yhdistelemään yhdistelmämallin ja suunnittelukokousten sisältämästä tiedosta. Tietomallista pystyttiin erittelemään erilaisia vaiheita ja näiden välillä arveltiin olevan tiedonvälitystä, joka etenee kiinteistön käyttöön asti. Suunnittelutehtävät toteutettiin haastateltavan kokemuksen mukaan pääosin tietomallipohjaisesti, mutta työmaatehtävät eivät visualisoinnin ja edellä kuvatun hankintatoimen ohella pystyneet välittämään informaatiota tietomallin keinoin. Tämän koettiin olevan puute sekä tiedonvälityksen, roolituksen että tietomallitavoitteiden osalta. Työmaan tietomallityöskentely oli hankintatoimea lukuun ottamatta heikosti määritelty, eikä se kyennyt ylläpitämään tavoiteltua aikataulutietoa mallissa osittain suunnitteluajataulusta myöhästyneen elementtimallinnuksen vuoksi. Mallin sisältämä tieto koettiin tarkaksi ja sen avulla pystyttiin tuottamaan älykästä informaatiota, mutta mallin ajantasaisuudessa koettiin olevan puutteita jotka suurelta osin johtuivat myöhästyneestä suunnitteluajataulusta. Haastateltavan arvio kohteen suorituskyvystä on esitetty kuvassa 25.

The Interactive BIM Capability Maturity Model			
Area of Interest	Weighted Importance	Choose your perceived maturity level	Credit
Data Richness	84 %	5 - Data Plus Expanded Information	4,2
Life-cycle Views	84 %	6 - Add Limited Operations & Warranty	5,0
Change Management	90 %	6 - Full Control	5,4
Roles or Disciplines	90 %	5 - Partial Plan, Design&Constr Supported	4,5
Business Process	91 %	7 - Some BP Collect & Maintain Info	6,4
Timeliness/ Response	91 %	5 - Most Response Info Available In BIM	4,6
Delivery Method	92 %	7 - Full Web Enabled Services w/IA	6,4
Graphical Information	93 %	8 - 3D - Current And Intelligent	7,4
Spatial Capability	94 %		0,0
Information Accuracy	95 %	9 - Comp GT w/Limited Metrics	8,6
Interoperability/ IFC Support	96 %	10 - All Info Uses IFC's For Interoperability	9,6
Credit Sum			62,1
Maturity Level			Certified



Kuva 25. Hankintainsinöörin arvioima I-CMM suorituskyy hankkeissa

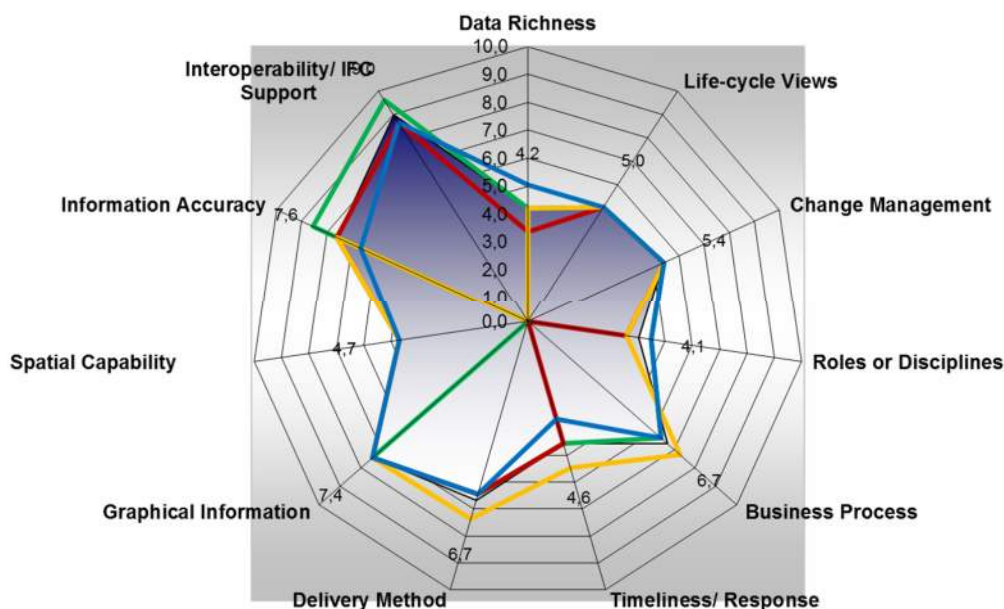
Haastateltava koki menetelmän käsittelevän tietomallintamista sellaisessa laajuudessa joka ylitti hankinta-insinöörin tehtävät tutkittavassa hankkeessa. Hankkeen suorituskyyä arvioitaessa tukeuduttiin haastateltavan kokemukseen arvioimalla vain niitä kategorioita, joihin tämä pystyi perustellusti vastaamaan. Hankintainsinöörin kokeman perusteella hankkeiden tietomallityöskentelyssä ei ollut mainittavia eroja.

”Mun mielestä suunnittelijoiden tarvitsee tietää millä tavalla työmaa ja informaation talteenotto sitä mallia hyödyntää. Seuraavien käyttäjien tarpeet pitäisi tietää ja ollenainen tieto mallintaa.”

Olennainen haastattelussa tehty yhteinen havainto oli BIM-informaatiovirran osittainen katkeaminen työmaalle. Hankintainsinööri hyödynsi omissa tehtävissään tietomallin tarjoamia sovelluksia hankintatoimelle, mutta erilaiset mallityöskentelyä helpottavat sovel-luskohtaiset hakutermit tallentuivat vain hankintainsinöörin tietokoneelle eikä näitä hyö-dynnetty tai tarkastettu muiden toimesta. Tietomallissa havaitut poikkeamat raportoitiin sähköpostilla BIM-koordinaattorille ja suunnittelijoille, mutta työmaan lisäykset eivät täydentyneet päivitettävään tietomalliin työmaan ollessa päivityssilmukan ulkopuolella.

6.2 Painotettu suorituskyyky

Kohteiden suorituskyykyä arvioi viin haastatteluihin osallistui neljä pääurakoitsijan edus-tajaa, jotka olivat osallistuneet hankkeisiin ja niissä tapahtuvaan tietomallityöhön. Haas-tateltavina toimivat kohteiden BIM-koordinaattori, hankintainsinööri ja projektipäälliköt. Joukko valikoitui heidän hankekokemuksensa, suorittamiensa hanketehtävien sekä hank-keen tietomallinukseen liittyvien, rakentavalle organisaatiolle kuuluvien BIM-toiminto-jen osaamisen takia. Haastatteluryhmän vastauksissa pystyttiin huomaamaan tehtäväkoh-taisia ja haastateltavan kokemukseen liittyviä näkemyseroja kunkin I-CMM-kategorian tasojen täyttymisessä, mikä tukee tutkimuksessa valittua rajaustapaa suoritustason ja I-CMM-suorituskyyvyn määrittämiselle. Haastateltavien kohteille antamat I-CMM-arvioinnit on koottu suorituskyykykuvaajaan joka on esitetty kuvassa 26. Painotettuja kategoriavas-tauksia esittävää suorituskyykykuvaajaa tarkastelemalla voidaan nostaa esille kolme kate-goriaa, joiden painotettu suoritustaso on visuaalisesti ja numeerisesti jäljessä hankkeen yleistä suorituskyykyä. Nämä kolme kategoriata ovat *tietosisällön runsaus* (4,2), *roolit ja työryhmät* (4,1) sekä *täsmällisyys ja hakuvaste* (4,6).



Kuva 26. Haastateltavien arvioima painotettu suorituskyyky tutkituissa hankkeissa

Tietosisällön runsauden arvioinnissa haastateltavat antoivat hankkeiden suorituskyvylle kolmea erilaista arvosanaa. Arvioitu taso vaihteli toimiston projektipäällikön antamasta arvosanasta 4 – *Tietomallin sisältämää tietoa muutetaan informaatioksi* hotellin projektipäällikön ja hankintainsinöörin 5 – *Tietomalliin ja sen sisältämään tietoon aletaan luotamaan määräävänä ja ensisijaisena tiedonlähteenä* sekä BIM-koordinaattorin arvossaan 6 – *Tietomallin sisältämä tieto on tyypillisesti parasta saatavilla olevaa*. Kategorian arvioinnissa korostuu haastateltavien henkilökohtainen kokemus mallin käytöstä hankkeessa. Toimiston projektipäällikkö oli ollut mukana hankkeessa sen alusta alkaen, ja omasi tietoa hankkeen suunnittelun tavoitetasosta tietomallinnuksen suhteen. Odotettua vähäisemmäksi jäänyt tietosisällön taso aiheutti pistevähennyksiä tämän antamassa arvioinnissa. Hotellin projektipäällikkö ei tuntenut hankkeen historiaa, mutta koki tietosisällön toimineen ensisijaisena tiedonlähteenä sille kaavaillussa käyttökohteissa hankinnassa. Hankintainsinöörin puolelta tietomallia oli onnistuneesti käytetty pääosassa hankintojen määrälaskentaa ensisijaisena tiedonlähteenä. BIM-koordinaattori antoi kategorialle sen korkeimman arvion, mikä liittyy myös osaltaan tämän myöhemmään osallistumiseen hankkeessa. Koordinaattori koki että tietosisältö on sille asetettujen tietomallitavoitteiden valossa parasta saatavilla olevaa. Ensimmäiset askeleet kategorian kehittämiseksi ovat seuraavan kypsyystason edellyttämät toimet tietomallin nostamiseksi ensisijaiseksi työkaluksi suunnitteluinformaation välittämässä sekä tietosisällön kasvattaminen kattamaan rakennedetaljit ja muut rakentamisen ja tarvittaessa käytön asettamat informaatio-tarpeet. Tämä vähentää ulkopuolisten informaationlähteiden tarvetta ja tehostaa hankkeen tietomallityöskentelyä mallinnettavan tietosisällön kattaessa olennaisen informaation

Elinkaarikatseluissa haastatteluryhmä antoi kaikissa haastatteluissa yhtenevän tuloksen tietomallityöskentelystä hankkeen elinkaaren aikana. Haastatellut arvioivat kategorian tasolle 6 – *Tietomallia hyödynnetään viidessä vaiheessa. Aikaisemmista vaiheista välitetään tietoa kiinteistön käyttöön*. Arviointikriteerinä olevassa tietomallivaiheiden määrässä tunnistettiin mm. suunnittelun hanke- ja luonnossuunnitteluvaiheet sekä rakentamisen aikaiset elementti-, runko-, toteuma- ja luovutusvaiheet. Kategorian ylärajaksi hankkeessa asettui nykyisen tietosisällön rajallinen määrä ja tilaajan kyky hyödyntää tietomallia kohteen ylläpidossa. Kategorian kehittäminen edellyttää tietomallin hyödyntämistä hankkeen tilaajan toimesta kohteen ylläpidossa ja käytössä. Tällöin hankkeessa suunnittelu- ja urakoitsija-osapuolien toimesta mallinnetun informaation virtaus ei pysähdy rakentamisvaiheen päättymiseen vaan sitä pystytään hyödyntämään kiinteistön ylläpidossa.

Muutosjohtamisen osalta haastateltavat antoivat kategorialle yksimielisesti arvossaan 6 – *Toiminnan muutostarve tunnistetaan mutta tarvittavia muutoksia ei pystytä panemaan toimeen*. Haastateltavat totesivat hankkeen tietomallin tuottamiseen ja käyttöön liittyvien toimintaprosessien olevan tiedossa ja näissä tapahtuvia toimia seurattavan säännöllisesti sekä erilaisten kokouskäytäntöjen ja näiden ulkopuolella ilmenevien havaintojen kohdalla. Toiminnoissa oli hankkeiden aikana tunnistettu erilaisia puutteita, joihin oli pystytty kehittämään ratkaisuja toimintojen kehittämiseksi. Kehitystoimenpiteiden ei

hankkeessa kuitenkin pystytty onnistuneesti panemaan toimeen, minkä koettiin hankkeen suunnittelusopimusten ohella johtuvan myös osapuolten vastuualueiden epäselvistä rajauksista hankkeen tietomallitoiminnoissa. Kehitystoimenpiteenä toimii muutoksen toimeenpanon varmistaminen, joka tutkitussa kohteessa edellyttää tarkempaa muutoksen seuranta ja virheelliseen toimintaan puuttumista.

Roolit ja työryhmät jakautui kahteen arviointiasteeseen BIM-koordinaattorin ja projektipäällikön arvioidessa hankkeet tasolle 5 – *Tietomallinnus tukee suunnittelutehtäviä siten, että suunnittelu voidaan suorittaa täysin BIM-pohjaisesti* projektipäälliköiden ollessa skeptisempiä suunnittelun tietomallipohjaisesta suorituksesta arvioiden hankkeet tasolle 4 – *Tietomallinnus tukee osittain ainakin kahden henkilön työskentelyä*. BIM-koordinaattori ja hankintainsinööri kokivat tietomallintamisen toimineen suunnittelussa kattavana työkaluna mallinnettavaksi sovitun sisällön osalta. Projektipäälliköillä oli haastattelujoukossa kattavampi kokemus hankkeiden sisällä tapahtuvasta työskentelystä ja työmaan tilanteesta, joiden ansiosta mallintamisessa havaitut puutteet saivat heidän arviossaan suuremman painoarvon. Kategorian kehittäminen edellyttää tietomallin toimimista suunnittelun ensisijaisena työkaluna, jolloin suunnittelijoiden tuottamat piirustukset ovat BIM-pohjaisia eivätkä edellytä ylimääräistä 2D-suunnittelua tietomallin täydentämiseksi. Etuna suunnittelun tietomallipohjaisessa toteutuksessa on se, että mallin avulla pystytään luotettavasti tarkastelemaan kohteessa tuotettua informaatiota ilman ulkoisen informaation tarvetta suunnittelu, rakennus- tai ylläpitotoimissa.

Toimintaprosessit tarkastelee hankkeissa tapahtuvien tietomallitoimintojen toimintaa, joissa haastateltavien arviot hankkeissa rajautuvat kahdelle tasolle. Hankintainsinööri ja BIM-koordinaattori arvioivat hankkeen tasolle 7 – *Toimintaprosessit on suunniteltu keräämään informaatiota. Osa niistä pystyy ylläpitämään sitä tietomallissa*. Puutteita nähtiin mallintamisen laajuudessa ja tietomallin ulkopuolisen suunnitteluun liittyvän informaation runsaudessa sekä tilaajan päämäärättömyydessä tietomallin käytön suhteen. Hotellin projektipäällikkö arvioi oman hankkeensa tasolle 8 – *Kaikki organisaation toimintaprosessit on suunniteltu keräämään informaatiota suorituksen aikana ja ne pystyvät ylläpitämään informaatiota tietomallissa*. Projektipäällikkö tunnisti omassa arvioinnissaan samat puutteet kuin alemman arvosanan antaneet haastateltavat, mutta koki hankkeen toimintaprosessien tallentavan tietoa kattavasti kun huomioidaan hankkeelle suunnittelusopimuksissa määritetyt suunnittelu- ja mallinnusvastuut. Toimiston projektipäällikkö ei arvostellut kategoriaa, mutta toivoi tietomallitoimintojen vastuualueiden ja tehtävien rajauksista nykyistä tarkempaa linjausta. Kategorian kehitystoimenpiteenä toimii suunnittelutoimintojen sitominen tietomallintamiseen siten, että suunnitteluinformaation tallentaminen tapahtuu ensisijaisesti mallintamalla. Kun informaatio tallennetaan suoraan käytettyyn tietomalliin, on se osapuolten saatavilla välittömästi.

Täsmällisyys ja hakuvaste jakoi haastatteluissa saadut vastaukset kahteen osioon. BIM-koordinaattori arvioi hankkeiden tason tässä kategoriassa tasolle 4 – *Informaatio tallennetaan tietomalliin ja suurimpaan osaan kysymyksistä voidaan vastata tietomallilla*. Rajatun tietosisällön ohella mallin ajantasaisuus sekä tietomallissa esiintyvien virheiden havaitsemisesta niiden korjaamiseen kuluva aika saivat moitteita. Ajantasaisuus aiheutti pistemenetyksiä kategorian arvioinnissa myös hankintainsinöörin ja projektipäällikköjen vastatessa arvosanalla 5 – *Huomattavaan osa rakennukseen liittyvistä vastauksista löytyy tietomalliin tallennetusta informaatiosta*. Toiminnan kehittäminen tapahtuu lisäämällä tietomallin päivitystiheyttä hankkeessa. Tällöin tietomallin avulla pystytään tuottamaan ajantasaista informaatiota hankkeen tarpeisiin. Lisäksi mallinnettavan sisällön laajentaminen ja mallinnusaikataulusta kiinni pitäminen edesauttavat haetun informaation hakuvastetta tietomallissa.

Jakelumenetelmän arviot rajautuivat kahdelle tasolle BIM-koordinaattorin, toimiston projektipäällikön ja hankintainsinöörin arvioidessa kategorian tasolle 7 – *Tietomalli sijaitsee verkkoympäristössä jossa useat henkilöt pystyvät työskentelemään sen parissa*. *Manuaaliset tiedonturvaamiskäytännöt ovat käytössä*. Hotellin projektipäällikkö koki hankkeen jakelukäytännön olevan tasolla 8 – *Tietomalli sijaitsee turvassa verkkoympäristössä*. *Tietomallin käyttö ei perustu SOA-ohjelmistoarkkitehtuuriin* olennaisen eron kahden arvion välillä olevan verkkoympäristön turvaus. Jakelukäytännön parissa työskentelevä BIM-koordinaattori koki hankkeessa käytetyn tietomallin jakelukäytännön ja –menetelmän toimivan hyvin nykyisissä tietomallitoiminnoissa, mutta pilvipohjaisten tietomalliratkaisujen olevan todennäköinen kehityssuunta tuleville BIM-hankkeille. Koordinaattori yhdessä hankintainsinöörin ja toimiston projektipäällikön kanssa kyseenalaistivat turvatus verkkoympäristön muodostumisen. Vaikka jakelu ympäristön käyttö edellytti käyttäjätunnuksien sekä luku- ja tarvittaessa muokkausoikeuksien myöntämistä, oli hankkeen ylläpito edellyttänyt muokkausoikeuksien myöntämistä niinsanotuille pääkäyttäjille. Koska käytetyn projektipankin varmuuskopion palauttaminen oli hidas ja ulkopuolisen toimijan suorittama prosessi, koki BIM-koordinaattori jakelumenetelmän jäävän vajaaksi turvatusta verkkoympäristöstä. Kategorian kehitystoimet edellyttävät luotettavaa verkkoympäristöä, jossa tiedonvälitystä ja -tallennusta voidaan pitää turvallisina. Tämä edellyttää luotettavaa ja nopeasti hallinnoitavaa verkkoympäristöä, jonka ylläpito on välitöntä ja nopeaa.

Graafisessa informaatiossa kaikki haastateltavat päätyivät arvioissaan kategorian suorituskyvystä tasolle 8 – *Piirustukset perustuvat kolmiulotteisten objektien käyttöön ja niiden ajantasaisuutta valvotaan*. Suunnittelijoiden mallintamisohjelmistojen luoma tietomalli sisälsi tietoa siinä kuvattujen objektien tyypeistä ja näihin sisältyvistä määristä. Tietomallista pystyttiin sen sisältämän älyn avulla tunnistamaan valitut objektit esimerkiksi seinäksi, jonka tyyppiä hakemalla pystyttiin laskemaan määrätieto kaikista hakuehdot täyttävistä objekteista. Tietomallin ja siitä tuotettujen piirustusten

ajantasaisuutta valvottiin säännöllisten suunnittelukokousten ja mallipalaverien avulla, minkä nähtiin täyttävän arviointikriteerin toinen osa. Korkeammalle arviointitulokselle pääsemiseksi tietomallista tulisi pystyä luotettavasti saamaan ulos aikainformaatiota aikatauluun ja toteumahistoriaan sekä tuleviin tapahtumiin liittyen. Tällaista informaatiota sovelletaan muun muassa aikataulun visualisoinnissa sekä tietomallipohjaisten huoltokirjojen tukena. Pilvipohjaisissa ratkaisuissa rakennus- ja suunnittelu-aikataulun välinen yhteys ja suunnittelun priorisointi voidaan myös rakentaa tietomallin varaan. Kategorian kehittämisessä seuraava kypsyystaso edellyttää 4D-informaation esitystä tietomallissa. Tämä tarkoittaa aikataulun visualisoimista tietomallin avulla siten, että mallin avulla pystytään kommunikoimaan hankkeen aikataulutavoitteita ja toteumatietoa hankkeen eri osapuolille. Tämä edellyttää nykytilanteessa työmaahenkilökunnan koulutusta 4D-informaation käyttöön sekä aikataulun visualisoimista esimerkiksi urakoitsija- ja suunnittelukokouksissa.

Sijoittumistiedon kategoriassa haastateltavat arvioivat hankintainsinööriä mukaan lukematta hankkeen tasolle 5 – *Rakennuksen sijoittuminen tiedetään ja informaatiota jaetaan tietomallin ja paikkatietojärjestelmän välillä manuaalisesti*. Rakennuksen sijainti tunnettiin ja tunnistettiin tietomallissa siten, että hankkeiden erilliset tietomallit pystyttiin yhdistämään ja esittämään yhteisessä mallinäkyssä. Koska rakennusten sijoittuminen tunnettiin, pystyttiin käytetty mallinuskoodinaatisto konvertoimaan vastaamaan rakennusten todellista sijaintia. Tätä hyödynnettiin hankkeiden energiasuunnittelussa. Haastatteluissa ilmeni myös että kohteen tietomallinnusta on hyödynnetty Vantaan kaupungin aluemallissa rakennettavasta kaupunginosasta. Rajoittavaksi tekijäksi kategorian arvioinnissa osoittautui energiasuunnittelussa ja kaupunginosamallissa tiedonvaihdon vaatima manuaalinen syöttövaihe, jossa eri järjestelmien välillä tapahtuva tiedonsiirto vaati koordinaatiston kääntämisen toista alustaa tukevaksi. Hankintainsinööri hyödynsi sijoittumistietoa vain mallien yhdistelyssä, eikä pystynyt työmaakäytön ohella kommentoimaan tietomallin ja sijoittumistiedon välistä suhdetta. Kehitystoimenpiteet sijoittumistieto-kategoriassa edellyttävät paikkatiedon ja tietomallin automoitua tiedonvaihtoa. Lisäksi hankkeessa tutkitun kohteen tietomallin ja kaupungin ylläpitämän aluemallinnuksen välillä edellytetään nykyistä tiiviimpää yhteistyötä. Kohteen ajantasaisen tietomallin sisällyttäminen osaksi kaupungin aluemallia mahdollistaa tietomallin hyödyntämisen kaupungin ja kolmansien osapuolien toimesta.

Informaation tarkkuus tuotti haastateltavien arvioinnissa kolmenlaisia vastauksia. Hankintainsinööri koki hankkeen tarkkustason olevan tasolla 9 – *Kaikki ulkoiset ja sisäiset määrät arvioidaan elektronisesti ja mallin vaatimusten mukaisuutta seurataan*. Omissa tehtävissään haastateltava koki tietomallin soveltuvan hankinnassa tarvittuihin määrälaskentoihin mallinnettavan tietosisällön laajuudessa. Mallinnustyöskentelystä aiheutuvia määrävirheitä oli havaittu yksittäisissä rakennetyypeissä (alakatot), mutta näissä esiintyneet virheet pystyttiin helposti havaitsemaan kerrosten välisiä määriä vertailemalla. Kohteiden projektipäälliköt näkivät kategorian tasoksi 8 – *Sisätilat ja osa*

ulkotiloista arvioidaan elektronisesti. Jos polygoni muuttaa muotoa siirtyy päivittynyt tieto raportointiin. He kokivat hankintainsinöörin havaitsemat määrävirheet liian suureksi tietomallin avulla toteutettavaan tarkkaan määrälaskentaan, ja päätyivät matalampaan pisteytykseen. BIM-koordinaattori arvioi kategorian tasolle 7 – *Sisätilat ja osa ulkotiloista arvioidaan elektronisesti.* Mallipalaverissa havaittujen virheiden korjaaminen oli saattanut venyä mallintamista suorittavien osapuolien osalta usean kuukauden toimenpiteeksi, mikä oli vähentänyt mallien vastaavuutta rakennettaviin hankkeisiin. Kategorian arvioinnissa voitiin nähdä eri tehtävistä vastaavien haastateltavien kokemus tarkkuuden taso hankkeissa. Työmaalla työskentelevä hankintainsinööri hyödynsi työssään mallia ja arvioi tarkkuuden muita korkeammalle hanketta koordinoivien projektipäälliköiden päätyessä matalimpaan arviointiin. Hankkeen mallinnustyöskentelyä läheisimmin tarkasteleva BIM-koordinaattori antoi arvioinnissaan mallitarkkuudelle matalimman tason nyt haastatellusta joukosta. Kehitystoimenpiteenä tietomallin sisältämän informaation tarkkuutta tulee nostaa siten, että sen avulla pystytään laskemaan tietomallin sisältämät määrät luotettavasti. Mallintamistyöskentelyssä havaitut puutteet tulee korjata jotta tuotettua tietomallia voidaan hyödyntää hankkeessa. Lisäksi virheellisen informaation korjaamisen tulee tapahtua sille asetettujen takarajojen puitteissa jotta mallista tuotettu informaatio pitää paikkansa.

Yhteentoimivuuden ja IFC-tuen kategoriassa arvioinnit jakaantuivat kahdelle tasolle. Hankintainsinööri ei ollut havainnut IFC:n lisäksi muihin formaatteihin pohjaavaa tiedonsiirtoa omissa tehtävissään, ja arveli hankkeen hyödyntävän IFC:tä laajassa mittakaavassa. Hänen antamansa arvio kategorian tasolle oli 10 – *IFC-standardi on käytössä yhteensopivuuden takaamiseksi.* Toimiston projektipäällikkö ja BIM-koordinaattori arvioivat hankkeen tasolle 9 – *IFC-standardi on yhteentoimivuudessa normaalikäytäntö. Vajaa kolmannes tiedonsiirrosta tapahtuu muulla tavalla.* Nämä haastateltavat huomioivat energiasuunnittelussa havaitut puutteet, joissa käytettyä tietomallia jouduttiin korjaamaan ja täydentämään IFC-tuonnin jälkeen. Hotellin projektipäällikkö ei tuntenut hankkeessa tapahtuvan tietomallityöskentelyn teknisiä yksityiskohtia koko hankkeen ajalta, eikä halunnut arvioida kategoriaa. Haastateltavat totesivat kategorian olevan suomalaisessa rakentamisessa yleisesti hyvällä tasolla ja kokivat käytetyn menetelmän asettavan liiallista painoarvoa IFC:n käytölle yleisen yhteentoimivuuden ja käytettävyyden sijaan. Katteoria sai arvosteltavista osa-alueista korkeimmat arvosanat, ja sen kehittämisessä ainoa huomioitava toimenpide on IFC:llä tapahtuvan tiedonsiirron kokonaisvaltaisuus myös energialaskennassa.

6.3 Painottamaton suorituskyky ja BIM-minimi

Haastatteluissa kerätyt suorituskykyarvioinnit on koostettu taulukkoon 15 ilman kategoriakohtaista painotusta. Tämä mahdollistaa vastausten tarkastelun suhteessa kategoriakohtaiseen BIM-minimiin. Kun tarkastellaan taulukossa esitettyjä painottamattomia arviointia, voidaan nähdä kuvasta 26 esiin nostettujen *tietosisällön runsauden* ja

roolien ja työryhmien arviointien nähdä pääpainoisesti asettuvan BIM-minimiin tai sen alle. *Tietosisällön runsaudessa* vastaukset olivat hajaantuneita, mutta asettuivat kummallekin puolelle BIM-minimiä. *Rooleissa ja työryhmissä* suunnittelutehtävissä esiintyneiden tietomallityöskentelyn puutteiden koettiin heikentävän hankkeiden tietomallityöskentelyä. Kaikki haastateltavat tunnistivat suunnittelun mallintamispuutteiden vaikuttavan hankkeen läpivientiin kielteisesti. *Täsmällisyyden ja hakuvasteen* arviot täyttivät BIM-minimin ongelmien esiintyessä tietomallista haetun informaation hyödynnettävyydessä, jossa tietomallin koettiin vastaavan osittain sille asetettuihin kysymyksiin.

Aikaisemmin painotettujen arviointien pohjalta esiin nostetut kategoriat esiintyvät heikoimpina osa-alueina myös painottamattomien arviointien vertailussa. Tarkasteltaessa etäisyyttä kategoriakohtaiseen BIM-minimiin esille nousee näiden osa-alueiden lisäksi *Graafinen informaatio*, jossa BIM-minimi ylitettiin yhdellä kypsyystasolla. Kategorian arvioitiin kaikkien neljän haastateltavan toimesta yhdenmukaisesti samalle tasolle, mikä vahvistaa osa-alueesta tehtyä kokonaisarviota. *Graafinen informaatio* voidaan tältä pohjalta nostaa neljänneksi alisuoriutuvaksi kategoriaksi. BIM-minimin läheisyys nostettavaksi valituissa osa-alueissa tarkoittaa kategorioiden sisältämien toimintojen olevan suhteellisen varhaisella kypsyystasolla. Varhaisella kypsyystasolla olevat toiminnot ovat tehotomia eivätkä ne usein yllä tavoiteltuihin tuloksiin. Toisaalta varhainen kypsyys tekee näistä toiminnoista otollisia kehityskohteita, koska seuraavien kypsyystasojen täyttyminen edellyttää suoraviivaisia ja yksinkertaisia toimenpiteitä. Arvioitujen hankkeiden kokonaissuorituskyvyssä heikkoina osa-alueina erottuivat painotetun ja painottaman suorituskyvyn pohjalta *Tietosisällön runsaus*, *Roolit ja työryhmät*, *Täsmällisyys ja hakuvaste* sekä *Graafinen informaatio*.

Taulukko 15. Haastatteluissa kerätyt arviot hankkeen suorituskyvystä

Maturity Level	A Data Richness	B Life-cycle Views	C Roles Or Disciplines	G Change Management	D Business process	F Timeliness/ Response	E Delivery Method	H Graphical Information	I Spatial Capability	J Information Accuracy	K Interoperability / IFC Support
1	Basic Core Data	No Complete Project Phase	No Single Role Fully Supported	No CM Capability	Separate Processes Not	Most Response Info manually re-	Single Point Access No IA	Primarily Text - No Technical Graphics	Not Spatially Located	No Ground Truth	No Interoperability
2	Expanded Data Set	Planning & Design	Only One Role Supported	Aware of CM	Few Bus Processes Collect Info	Most Response Info manually re-	Single Point Access w/ Limited IA	2D Non-Intelligent As Designed	Basic Spatial Location	Initial Ground Truth	Forced Interoperability
3	Enhanced Data Set	Add Construction/ Supply	Two Roles Partially Supported	Aware of CM and Root Cause Analysis	Some Bus Process Collect Info	Data Calls Not In BIM But Most Other Data Is	Network Access w/ Basic IA	NCS 2D Non-Intelligent As Designed	Spatially Located	Limited Ground Truth - Int Spaces	Limited Interoperability
4	Data Plus Some Information	Includes Construction/ Supply	Two Roles Fully Supported	Aware CM, RCA and Feedback	Most Bus Processes Collect Info	Limited Response Info Available	Network Access w/ Full IA	NCS 2D Intelligent As Designed	Located w/ Limited Info Sharing	Full Ground Truth - Int Spaces	Limited Info Transfers Between COTS
5	Data Plus Expanded Information	Includes Constr/Supply & Fabrication	Partial Plan, Design&Constr Supports	Implementing CM	All Business Process(BP) Collect Info	Most Response Info Available In	Limited Web Enabled Services	NCS 2D Intelligent As-Built	Spatially located w/ Full Info Share	Limited Ground Truth - Int & Ext	Most Info Transfers Between COTS
6	Data w/ Limited Authoritative Information	Add Limited Operations & Warranty	Plan, Design & Construction Supported	Initial CM process implemented	Few BP Collect & Maintain Info	All Response Info Available In BIM	Full Web Enabled Services	NCS 2D Intelligent And Current	Spatially located w/ Full Info Share	Full Ground Truth - Int And Ext	Full Info Transfers Between COTS
7	Data w/ Mostly Authoritative Information	Includes Operations & Warranty	Partial Ops & Sustainment Supported	CM process in place and early implementation	Some BP Collect & Maintain Info	All Response Info From BIM & Timely	Full Web Enabled Services - Secure	3D - Intelligent Graphics	Part of a limited GIS	Limited Comp Areas & Groups	Limited Info Uses IFC's For Interoperability
8	Completely Authoritative Information	Add Financial	Operations & Sustainment Supported	CM and RCA capability implemented	All BP Collect & Maintain Info	Limited Real Time Access From BIM	Web Enabled Services - Secure	3D - Current And Intelligent	Part of a more complete GIS	Full Computed Ground Truth	Expanded Info Uses IFC's For Interoperability
9	Limited Knowledge Management	Full Facility Life-cycle Collection	All Facility Life-Cycle Roles Supported	Business processes are sustained by CM using RCA and Feedback	Some BP Collect&Maint In Real Time	Full Real Time Access From BIM	Netcentric SOA Based CAC Access	4D - Add Time	Integrated into a complete GIS	Comp GT w/ Limited Metrics	Most Info Uses IFC's For Interoperability
10	Full Knowledge Management	Supports External Efforts	Internal and External Roles Supported	Business processes are routinely sustained by CM, RCA and Feedback loops	All BP Collect&Maint In Real Time	Real Time Access w/ Live Feeds	Netcentric SOA Role Based CAC	nD - Time & Cost	Integrated into GIS w/ Full Info Flow	Computed Ground Truth w/ Full Metrics	All Info Uses IFC's For Interoperability
EOS											

■ Hankintainsinööri

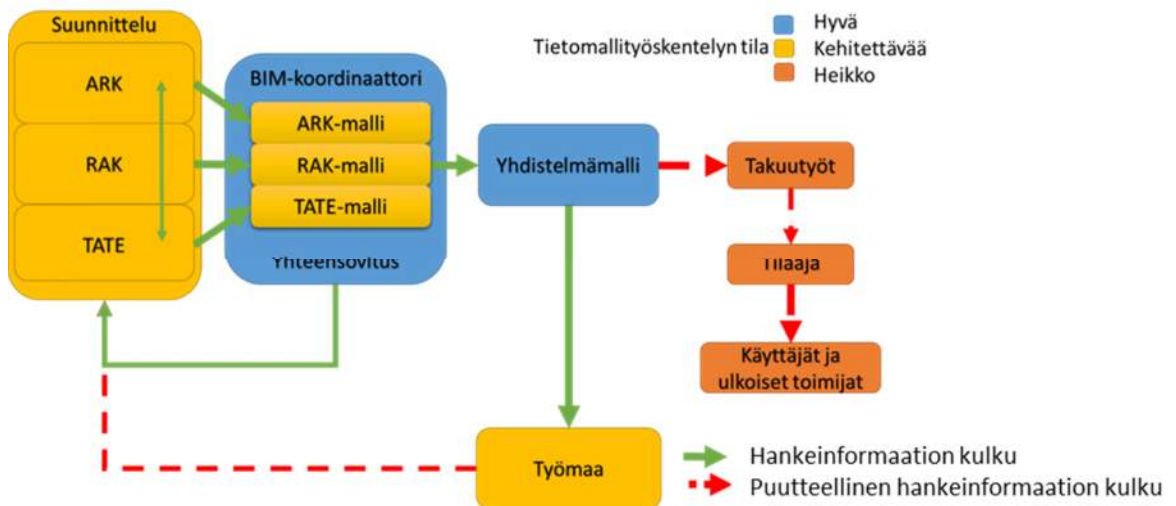
■ Projektipäällikkö toimisto

■ Projektipäällikkö hotelli

■ BIM-koordinaattori

6.4 Hankkeen tietomallitoimintojen kartoitus

Tietomallityöskentelyn laajuuden ja osapuolten kartoittamiseksi laadittiin toimintakaavio tutkimushaastatteluissa ja hanketyöskentelyssä havaituista tietomallitoiminnoista. Toimintakaaviossa (Kuva 27) on esitetty tietomallin avulla siirtyvä hankeinformaatio koh-teissa sekä eri toimijoiden välisen tietomallityöskentelyn laatu. Tietomallitoimintojen toimintakaavio laadittiin ennen haastatteluja kirjallisuustutkimuksen pohjalta, ja se täydentyi tutkimushaastatteluissa aikana takuutöiden sekä käyttäjän ja ulkoisten toimijoiden rooleilla. Prosessikaaviossa on esitetty hankkeessa tietomallin käytöstä potentiaalisesti hyötyvät osapuolet ja osapuolien välillä tapahtuvan tietomallipohjaisen tiedonvälityksen laatu. Kaaviossa esitetyt toiminnot ovat yhteneviä I-CMM-mittauksen tuloksiin ja vahvistavat näiden asemaa toiminnan kehityksessä.



Kuva 27. Hankkeessa kartoitetut tietomallitoiminnot

Toimintoja kartoitettaessa havaittiin, että nykyisissä BIM-toiminnoissa suunnittelijat ylläpitivät suunnitteluinformaatiota osittain tietomallissa. Suunnittelijat osallistuivat pidettyihin tietomallipalaveriinkin aktiivisesti, mutta parannettavaa havaittiin mallintamisvastuiden kantamisessa suunnittelijoiden toimesta. Virheiden korjauksessa ja mallinnettavan sisällön laajuudessa ja ajantasaisuudessa koettiin olevan parannettavaa. Pääsuunnittelijan mallinnusvastuiden suunnitelmien yhteensovittamisessa koettiin useassa haastattelussa jäävän laajalti BIM-koordinaattorin hoidettavaksi.

BIM-koordinaattorin päätehtävänä oli koordinoida mallinnustyötä sekä tuottaa ajantasainen yhdistelmämalli alakohtaisista tietomalleista. Yhdistelmämalli laadittiin hankkeesta ja suunnittelutilanteesta riippuen toimistohankkeessa keskimäärin 4 viikon, hotellihankkeessa ensin 2 ja myöhemmin yhden viikon välein. Päivitystahti kiristettiin mallinnettavan sisällön päivittyessä tiheään tahtiin. Hankkeiden projektipäälliköt kokivat sopivan päivitysvälin olevan hankkeiden suunnittelun ja rakentamisen tilanteesta riippuen nykyisillä järjestelyillä noin 1-2 viikkoa. BIM-koordinaattorin tuottamaa

yhdistelmämallia hyödynnettiin suunnittelijoiden ja työmaan toimesta. Sen avulla pystyttiin havainnoimaan suunnittelutyötä ja visualisoimaan suunnitelmia työmaalla.

Työmaalla yhdistelmämallia hyödynnettiin suunnitelmien visualisoinnin ohella työn suunnittelussa ja määrälaskennassa. Pääkäyttäjä työmaalla tapahtuvassa tietomallityöskentelyssä oli hankintainsinööri, jonka ohella tietomallia hyödynnettiin työnjohdon toimesta ja erilaisissa palaverissa suunnitelmien visualisoinnissa. Työmaalla tietomallintamisessa havaittiin puutteita tietosisällön laajuudessa, mallinnetun informaation ajantasaisuudessa ja käyttökoulutuksessa BIM:in hyödyntämiseksi aikataulutiedon esittämisessä. Tietomallin tietosisällön puutteet yhdessä suunnittelutilanteen jäljessä seuraavaan mallintamiseen aiheuttivat hankkeen aikana tarpeen täydentää tietomallin informaatiota 2D-kuvien sisällöllä. Koska mallinnettu informaatio ei ollut kattavaa, ei tietomallin koettu olevan luotettava eikä sen käyttöä pyritty laaja-alaisesti hyödyntämään. Tietosisällön ohella tietomallin ajantasaisuuden puutteet heikensivät ennestään sen asemaa työmaalla. Työmaaorganisaatiota oli koulutettu tietomallin hyödyntämiseen suunnitelmien visualisoinnissa ja määrälaskennassa, jossa tuotettiin tietomallityöskentelyn avuksi erilaisia hakutermejä. Määrälaskennan ohella varsinaiset tavoitteet tietomallityöskentelylle työmaalla puuttuivat, eikä 4D-informaatiota osattu tallentaa tai hyödyntää tietomallissa. Työmaalla ei myöskään nykyisessä tietomallityöskentelyssä ollut edellytyksiä osallistua tietomallin päivityssykliin tietomallityökaluilla, vaan tehdyt havainnot välittyivät mallinnustyöskentelystä vastaaville osapuolille sähköpostin välityksellä.

Työmaalta suunnittelijoiden suuntaan tietomallin avulla toteutettava hankeinformaation kulku oli puutteellista, eikä aikataulu- tai toteumatietoa tallennettu malliin. Työmaan tietomallityöskentelyyn tekemät hakutermit olivat yksittäisen työntekijän käytössä, eikä niitä hyödynnetty muiden työntekijöiden toimesta. Takuutöiden suorituksessa ei hyödynnetä käytettyä tietomallia, eikä siihen tallenneta takuutöiden korjaustietoja. Kattavan toteumatiedon puute tietomallissa rakentamisen ja takuutöiden osalta heikentää mallin potentiaalisia käyttökohteita kohteen ylläpidossa, koska hankeinformaatiota tallennetaan tietomallin sijasta rinnakkaisiin järjestelmiin. Takuutöiden lisäksi tilaaja ja ulkoiset käyttäjät jäävät tutkimassa hankkeessa tietomallityöskentelyn ulkopuolelle, mikä johtuu toisaalta tilaajan hankkeelle asettamista tavoitteista tietomallin käytössä sekä toisaalta tietomalliosaamisen keskittymisestä suunnittelu- ja urakoitsijaorganisaatioihin. Jotta tietomallin informaation hyödynnettävyyttä voidaan laajentaa tilaajan suuntaan, edellyttää se tietomallityöskentelyn kehittämistä suunnittelussa ja työmaatoimessa. Suunnittelijoiden ja työmaan keräämän informaation tallentaminen osaksi tietomallia edesauttaa tietomallityöskentelyä huomioimaan tietomallipohjaisten huoltokirjatoteutuksien ja tulevien hankeosapuolten tietomallin käytölle tulevaisuudessa asettamat vaatimukset. Valmistautuminen kuvattuihin muutosaskeliin edellyttää tilaajapuolelta lisääntyntä tietomalliosaamista kiinteistönpidossa.

6.5 Tietomallityöskentelyn kehittäminen

Kehitettäviksi nostetut osa-alueet ja näitä vastaavat kategoriakohtaiset kehitystoimenpiteet on listattu taulukkoon 16. Kehitystoimenpiteet perustuvat havaittua suorituskyyä seuraavien kypsyystasojen määritteisiin, ja niiden onnistunut käyttöönotto parantaa menetelmän mittaamaa tietomallityöskentelyn suorituskyyä. Täyttämällä seuraavan kypsyystason vaatimukset valituilla osa-alueilla pystytään nyt tutkittua suorituskyyä kehittämään tietomallityöskentelyn kokonaissuorituskyvyn kannalta olennaisimmilla osa-alueilla

Taulukko 16. Kehitettävät osa-alueet

Kategoria	Seuraava kypsyystaso
Tietosisällön runsaus	<p>Tietomalliin ja sen sisältämään dataan aletaan luottaa määrävänä ja ensisijaisena tiedonlähteenä.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mallinnettavan tietosisällön laajentaminen • Tietosisällön ajantasaisuuden parantaminen • Suunnitteluinformaatio ensisijaisesti tietomallissa
Roolit ja työryhmät	<p>Tietomallinnus tukee suunnittelutehtäviä siten, että suunnittelu voidaan suorittaa täysin mallipohjaisesti eikä tietomallin ohella tarvita muita työkaluja suunnittelutehtävien suorittamiseksi.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mallinnettavan tietosisällön laajentaminen • Suunnittelusopimusten sisältö ja noudattaminen • Suunnitteluinformaatio ensisijaisesti tietomallissa • Mallinnusosaaminen suunnittelutarjouksissa
Täsmällisyys ja hakuvaste	<p>Huomattava osa rakennukseen liittyvästä informaatiosta on tallennettu tietomalliin.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mallinnettavan tietosisällön laajentaminen • Mallin ajantasaisuuden parantaminen • Tietomallipalaverit 1-2 viikon välein • Suunnitteluinformaatio ensisijaisesti tietomallissa • Nopea reagointi poikkeamiin tietomallissa
Graafinen informaatio	<p>Suunnitelmat sisältävät aikainformaatiota rakennushankkeesta. Suunnitelmia tarkastelemalla voidaan seurata sekä hankkeen toteumahistoriaa että tulevia tapahtumia.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aikatauluinformaation esittäminen tietomallissa • Tarvittava ohjelmistokoulutus työmaille • BIM-vastuuhenkilö työmaalla

6.6 Palaute menetelmän tuloksista

Hankkeiden rakennuspäällikkö omasi kattavan kokemuksen rakennusosalta ja valittiin kohteiden hankekokemuksensa vuoksi palautehaastattelun osapuoleksi. Haastateltava oli ollut mukana hankkeiden kehitystyössä projektinjohtourakoitsijan valinnasta lähtien. Hänellä oli tutkimuksessa haastateltavasta joukosta kattavin näkemys hankkeen kehityksestä ja läpiviennin aikana esiintyneistä haasteista. Rakennuspäällikkönä haastateltava vastasi myös uusien hankkeiden kehitystoimenpiteiden toimeenpanemisesta ja oli seuraavissa kohteissaan toteuttanut parannustoimenpiteitä perustuen nyt tutkittuihin kohteisiin. Haastateltavan kokemus keskittyi hankkeen tehtäväkohtaisten ja teknisten yksityiskohtien sijaan hankekokonaisuuteen, minkä ansiosta haastattelun avulla pystyttiin yhdistämään menetelmän tulokset koettuun suorituskyykyyn ja kokoamaan käsitys tulosten ja todellisuuden välisestä yhteydestä. Lisäksi haastattelun avulla pystyttiin arvioimaan kehitystoimenpiteiden kohteita ja toimenpiteitä.

Tietomallin käyttöön liittyviä ongelmia oli havaittu hankkeen aikana toistuvasti, mutta niiden syntyyn vaikuttavia tekijöitä tai tietomallityöskentelyn suorituskyykyä ei ennen I-CMM-menetelmän käyttöä ollut kartoitettu pääurakoitsijan toiminnoissa nyt tutkituissa hankkeissa. Tämän vuoksi keskeinen tavoite työssä oli tietomallityöskentelyn nykyisen suorituskyyvyn selvitys. Nykyistä suorituskyykyä kuvaavien tutkimustulosten koettiin vastaavan hankkeessa koettua suorituskyykyä, ja kehitettäväksi nostetut neljä kategoriaa tunnustettiin kehityskohteiksi sekä menetelmän tulosten että osittain hankkeessa koettujen asioiden vuoksi. Näissä kategorioissa puutteet suunnittelutehtävien tietomallipohjaisessa toteutuksessa oli nostettu esille ennen menetelmän käyttöä, jonka ohella muiden kehityskohteiden arveltiin tukevan tietomallityöskentelyä ja parantavan koettua suorituskyykyä. Kehitettävien kategorioiden ohella muut kategoriat tunnustettiin hankkeen kokonaissuorituskyykyyn vaikuttaviksi tekijöiksi ja niiden arviointi koettua suorituskyykyä kuvaavaksi. *Yhteentoimivuus ja IFC-tuki*- sekä *Sijoittumistieto*-kategorioissa tuloksia pidettiin kuvaavina sillä erotuksella, ettei niitä muista menetelmän osa-alueista poiketen juurikaan huomioida nykyisissä toiminnoissa. Vaikka IFC:n käyttö onkin korkealla tasolla, tulisi varsinkin sijoittumistiedon hyödyntämismahdollisuuksia tarkastella nykyistä laajemmin.

Suorituskyyvyn arvioinnin tulokset olivat kuvaavia, ja nostivat esiin useita epäkohtia hankkeen tietomallityöskentelyssä. Menetelmän seuraaviin kypsyystasoihin perustuvat kehitysehdotukset koettiin loogisiksi kehitysaskeliksi nykyisen toiminnan kehittämiseksi, ja osaa oli hyödynnetty jo alkaneissa uusissa hankkeissa. Yhtäläisyydet tuloksissa esitettyjen kehitysehdotusten ja jo toimeenpantujen kehitystoimenpiteiden välillä loivat uskoa menetelmän tuloksiin ja kannustivat sen hyödyntämiseen myös vastaisuudessa. Tulosten esityksessä käytetyillä kuvauksilla (Kuva 26 ja taulukko 15) sekä kehityskohteiden esityksellä (Taulukko 16) pystyttiin haastateltavan mukaan esittämään menetelmän keskeiset tulokset tehokkaasti, ja ne toimivat myös tehokkaina työkaluina kehityskohteiden vi-

sualisoinnissa. Menetelmän tulokset nostivat esille osa-alueita, joiden painoarvoa ei tutkimuksessa tietomallityöskentelyssä ollut täysin ymmärretty tai huomioitu aikaisemmassa toiminnan kehittämisessä.

Kategorioiden arviointikriteeri-skaalan ajateltiin olevan eritasoisia toteutuksia hyvin kuvaava, ja sen koettiin soveltuvan arvioimaan tietomallityöskentelyä käyttöönottovaiheesta pitkälle jalostettuun BIM-käyttöön. Kypsyystasoilla 10 toimivan hankkeen todettiin olevan todennäköinen toimintaympäristö useamman vuosikymmenen kuluttua siitä huolimatta, että suorituskyvyn kehittäminen tälle tasolle vaatii vielä paljon kehitystyötä. Korkeimpien kypsyystasojen arveltiin edistävän tietomallityöskentelyä ja hankkeen menestyksestä läpivientä. Kypsyysmallina toimivan menetelmän eduksi koettiin suorituskyvyn arviointiin sisältyvä kehityskategorioiden priorisointi, jonka avulla kehityskohteiden tärkeysjärjestys voitiin järjestää sekä painotettujen kategoria-arvioiden että BIM-minimin etäisyyden suhteen. BIM-minimin koettiin olevan todennäköinen lähtökohta onnistuneelle tietomallitoteutukselle tutkituissa ja tulevista hankkeissa. Minimitason varmistamiseksi nyt saatuja tuloksia hyödynnetään edelleen alkavissa hankkeissa.

Toimintojen kehittämisessä menetelmän avulla suoritettulle uudelleenarvioinnille nähtiin tarvetta uusien hankkeiden kehityskulun arvioinnissa, jossa tehtyjen kehitystoimenpiteiden tehokkuuden mittaus sovittiin tehtäväksi hankekohtaisesti tai muutaman vuoden välein uusissa hankkeissa. Määräaikaisarviointien pohjalta voidaan nähdä nyt suoritettujen toimenpiteiden tehokkuus tietomallityöskentelyn kehittämisessä ja tarvittaessa tehostaa nyt tehtyjä kehitystoimia tai kohdistaa uusia kehitystoimenpiteitä suorituskyvyn uudelleenmäärittelyn pohjalta. Vaikka menetelmän tulokset eivät ole suoraan vertailukelpoisia hankkeiden välillä, koettiin niiden soveltuvan nyt kuvattuun määräaikaisarviointiin rakennuspäällikön alaisten hankkeiden kehityksessä. Menetelmän käytön nähtiin soveltuvan erilaisilla urakkamuodoilla toteutettaviin hankkeisiin, mutta urakkamuodon arveltiin vaikuttavan saatuihin tuloksiin muun muassa aikataulun ja pääurakoitsijan vaikutusmahdollisuuksien kautta.

Menetelmän tulosten lisäksi tutkimuksessa kartoitettiin myös havaittuja tietomallitoimintoja ja näissä tapahtuvan tietomallityöskentelyn tasosta. Laaditusta prosessikaaviosta (Kuva 27) voitiin tehdä menetelmätuloksia tukevia havaintoja osapuolten tietomallityöskentelystä ja BIM-informaation hyödyntämisestä eri osapuolten välisessä kanssakäymisessä. Prosessikaavion koettiin kuvastavan nykyistä tilannetta, jossa tietomallityöskentely keskittyy suunnittelutehtäviin ja osittaiseen työmaakäyttöön, jossa työmaan tuottaman informaation päätyminen osaksi BIM-informaatiovirtaa on puutteellista. Kaavion pohjalta kehityskohteiksi nähtiin suunnittelutyön täysin tietomallipohjainen toteutus sekä työmaalla tapahtuvan tietomallityöskentelyn lisääminen. Kun nämä edellytykset täyttyvät, voidaan tietomallin käyttöä kattavasti laajentaa edelleen takuutöiden, tilaajan ja ulkoisten käyttäjien suuntaan.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1 Tutkimustulokset

Työn ensisijainen tavoite oli selvittää tutkittujen hankkeiden tietomallityöskentelyn suorituskyyky käyttämällä tarkoitusta varten valittua I-CMM-menetelmää. Vastaanotetut suorituskyyvyn arvioinnit jakoivat suorituskyyvyn arviointitulokset menetelmän luokitustasoille BIM-minimistä sertifioituun hankkeeseen. Tutkituissa hankkeissa pieni osa kategorioista alitti menetelmän määrittämän BIM-minimin, jonka vuoksi edellä mainittujen luokitustasojen edellytykset eivät hankkeissa täyttyneet. Yleisesti hankkeiden tietomallityöskentely oli tästä huolimatta korkealla tasolla, minkä osoittaa kokonaispisteiden ylttäminen luokitustasoille huolimatta kategoriakohtaisen BIM-minimin alituksesta kahdessa kategoriassa. Tulokset arvioivat tietomallityöskentelyn tasoa laaja-alaisesti ja muodostivat helposti lähestyttävän kokonaiskuvan arvioitujen hankkeiden suorituskyyvystä. Menetelmän avulla pystyttiin tuomaan esille sellaisia tekijöitä, joiden vaikutusta tietomallityöskentelyn onnistumiseen ei ollut aikaisemmin tunnistettu pääurakoitsijan toimesta. Tarkastellut tulokset vastasivat palautehaastattelussa läpikäytyjen tulosten osalta hankkeessa koettua suorituskyykyä, mikä yhdessä aikaisemmin tunnistamattomien osatekijöiden tunnistamisen kanssa lisäsi uskoa tuloksiin ja menetelmän käyttöön. Tutkimuksessa tehty suorituskyyvyn kartoitus oli onnistunut ja valittu menetelmä täytti sille asetetut edellytykset ollen kattava ja käytännönläheinen työkalu tietomallinnetun rakennushankkeen tietomallityöskentelyn suorituskyyvyn arvioinnissa.

Suorituskyyvyn kartoituksen lisäksi tavoitteena oli kehittää pääurakoitsijan seuraavien hankkeiden tietomallityöskentelyä tutkimuksessa havaittujen tulosten pohjalta. Menetelmän tulokset painottivat eri osa-alueiden merkitystä kokonaissuorituskyykyyn, mikä odotetusti auttoi kehitystoimenpiteiden kohdistamisessa ja priorisoinnissa. Hankkeessa nostettiin kehitettäväksi painotetun suorituskyyvyn pohjalta kolme heikoiten suoriutunutta kategoriaa. Neljänneksi kehitettäväksi kategoriaksi nostettiin painottamattomassa suorituskyyvyssä menetelmän määrittämään BIM-minimin juuri ja juuri ylittänyt kategoria. Havaittua suorituskyykyä seuraavat kypsyystasot toimivat pohjana kehitystoimenpiteiden laatimiselle, ja niiden sisältämien kypsyysmääritteiden pohjalta pystyttiin muodostamaan konkreettisia kehitystoimenpiteitä. Arvioidessa näitä kehitystoimenpiteitä pääurakoitsijan kanssa havaittiin osan kehitysehdotuksista olleen jo käytössä hankkeissa saatujen kokemusten pohjalta. Tämä tuki menetelmän käytöllä saavutettuja tuloksia ja osoitti jo alkuun pantujen kehitystoimien olevan oikein kohdistettuja. Tutkimus tuotti toteutettavia kehitysehdotuksia tietomallityöskentelyn kehittämiseksi ja täytti tutkimukselle asetetut edellytykset tulevien hankkeiden tietomallityöskentelyn kehittämisen osalta.

Kolmantena tavoitteena oli varsinaisen suorituskyyvyn mittauksen ohella kerätä palautetta käytetystä menetelmästä. Tarkoituksena oli tarkastella käytöstä saatuja kokemuksia sekä

toisaalta saatujen tulosten hyödynnettävyyttä tulevissa hankkeissa. Palautetta kerättiin I-CMM-arvioinnissa haastateltujen henkilöiden sekä hankkeiden kehitystoimenpiteistä vastuullisen haastateltavan avulla. Nämä arvioivat menetelmän käytännölliseksi ja tietomallintamista laaja-alaisesti käsitteleväksi arviointityökaluksi, jonka käytön edellytyksenä oli etukäteistuntemus menetelmän sisällöstä. Käydyissä keskusteluissa korostui eri kategorioiden välisten osa-alueiden rajausta ja käsiteltävien asioiden tarkastelu oikeassa kategoriassa. Lisäksi tutkimuksen avulla haettiin näyttöä yhdysvaltalaisen menetelmän hyödyntämisestä pääurakoitsijan toiminnoissa suomalaisen rakentamisen kontekstissa. Menetelmän käytössä tarvittava etukäteisperehtyminen voidaan suorittaa tämän tutkimusdokumentaation avulla. Tutkimuksessa kerätyn menetelmäpalautteen perusteella valittu arviointityökalu osoittautui tehokkaaksi kehitysvälineeksi, jonka käytössä suomalaisen rakentamisen toimintaympäristössä ei havaittu menetelmän toimintaa heikentäviä tekijöitä.

7.2 Tulosten arviointi

Haastateltavat arvioivat roolinsa puitteissa toimistohanketta, hotellihanketta tai molempia hankkeita niissä omaavansa tehtävän laajuudessa. Haastateltavien suorituskypäarviointit seurasivat yhtenäistä linjaa eikä arviointien välillä ollut havaittavissa huomattavia poikkeamia tai epä johdonmukaisuuksia. Arviointierojen taustalla vaikutti haastateltavien henkilöiden eriävien tehtävien ohella erilainen ajallinen kokemus hankkeesta sekä tietämys hankkeessa mukana olevien osapuolten toiminnasta. Tutkimuksessa käytetty tiedonkeruu mahdollisti laaja-alaisen tarkastelun hankkeiden eri tietomallitoiminnoissa, ja haastatteluvastauksien väliset erot osoittivat käytetyn keruutavan soveltuvan käsitellyn kaltaisen organisaation suorituskypän arviointiin. Tutkimus rajattiin pääurakoitsijan tietomallitoimintojen pohjalta, mikä olennaisesti rajasi tutkimuksessa haastateltavien henkilöiden lukumäärää. Arvioinnin suorittaminen menetelmän avulla voidaan tarvittaessa suorittaa myös lyhytkestoisempana itsenäisenä arviointina, eikä se välttämättä edellytä useammasta henkilöstä koostuvaa haastattelujoukkoa. Tässä tutkimuksessa käytetty laajennettu haastattelujoukko lisää tutkimuksen otantaa ja vähentää tulosten virhemarginaalia.

Hankkeiden samankaltaisuuden ansiosta niitä pystyttiin onnistuneesti käsittelemään yhtenä arvioitavana kokonaisuutena, ja saadut tulokset osoittivat pääurakoitsijan tietomallityöskentelyn tason tutkituissa organisaatioissa. Annetut kehitysehdotukset pohjautuivat nyt tutkittuihin hankkeisiin, ja niiden soveltuvuus tuleviin hankkeisiin tulee uudelleenarvioida toimihenkilöiden, hankkeen tai urakkamuodon vaihtuessa. Tietomallityöskentelyä ohjaavat toimintatavat organisaatioissa vaikuttavat suurelta osin hankkeen läpivientiin, jonka ansiosta nyt esitettyjä tuloksia voidaan hyödyntää tulevien tietomallihankkeiden kehityksessä.

Suorituskypä määritettiin tutkimuksessa käyttäen haastatteluarviointien kategoriakohtaisia alimpia arviointeja hankkeen lähtötasona. Koska vastaukset olivat yhtenäisiä eikä niiden välillä ollut suuria eroavaisuuksia, voitiin käytetyllä lähestymistavalla varmentaa

kypsyystasomääritteiden täyttyminen. Käyttämällä alinta arviointia lähtökohtana suoritustason nykytilalle voitiin toiminnan kehittämisessä varmentua kypsyystasojen järjestelmällisestä täyttymisestä ja kypsyysmallin mukaisten kehitystoimien valinnasta. Mikäli suorituskyvyn määrittämiseen olisi alhaisimman vastauksen sijaan valittu keskiarvo tai muu tulosten kannalta edukkaampi lähestyminen, olisivat hankkeet ylittäneet nyt esitettyä huomattavasti korkeammalle sekä kokonaispisteisiin että BIM-minimiin suhteutettuna. Tällaisessa toteutustavassa suorituskyvyn lähtötason määrittäminen olisi kuitenkin jäänyt epävarmaksi.

Haastateltavat kokivat arviointimenetelmän tuntemuksen olevan tärkeää arviointia suorittavalle henkilölle. Osassa kategorioita haastateltavat eivät osanneet määritellä kypsyyskriteerien täyttymistä vedoten teknisten tai osa-aluekohtaisten yksityiskohtien tuntemattomuuteen. Haastateltaville annettiin etukäteen mahdollisuus perehtyä menetelmän käyttöön liittyvään materiaaliin sekä haastatteluaineistoon. Etukäteisperehtyminen on tästä huolimatta ollut todennäköisesti puutteellista johtuen haastateltavien samanaikaisista työtehtävistä. Etukäteisperehtymistä korvasi suurelta osin haastattelijan läsnäolo, jossa tämä neuvoa antamalla kykeni avustamaan suorituskyvyn arvioinnissa täydentäen haastateltavan menetelmätuntemusta. Haastateltavat saattoivat tarvittaessa keskustella heille vierasta kypsyysmääritteistä ja erilaisten asioiden käsittelystä kussakin kategoriassa. Menetelmän sisältämien kypsyysmääritteiden käytännönläheisyys ja tarkkuus mahdollistivat vastausten yhdenmukaiset vastaukset osassa kategorioita. Toisaalta haastateltavan neutraali läsnäolo mahdollisti myös kokemuseräiset erot toisissa kategorioissa, mikä mahdollisti tehtäväkohtaisten näkemyserojen esilletuonnin tutkimuksen tuloksissa.

7.3 Jatkokehitysehdotukset

Haastattelujen osana käydyssä vapaamuotoisessa keskustelussa usean haastateltavan kohdalla korostui menetelmään kuuluvien painotuskertoimien käyttö suomalaisessa rakentamisessa. Yhdysvaltalaisen rakentamisen toimintaympäristön koettiin olevan erilainen suomalaisiin olosuhteisiin verrattuna, jonka arveltiin näkyvän myös menetelmän tuloksissa. Painotuksilla saadut tulokset koettiin tässä tutkimuksessa hankkeiden tietomallityöskentelyn suorituskykyä kuvaaviksi ja kategorioiden välinen tärkeysjärjestys tietomallityöskentelyn arviointiin soveltuvaksi. Tämän vuoksi painotusten uudelleenarvioinnille ei nähty tämän tutkimuksen aikana tarvetta. Mikäli arviointia suorittava organisaatio koee osa-alueiden tärkeysjärjestyksen menetelmän kehitystyössä asetettujen oletusarvojen vastaiseksi, luontainen kehityskohde on painotuskertoimien jatkokehittäminen arvioitavan toiminnan kehitysvisiota tukevaksi. Painotuskertoimien muutokset vaikuttavat suoraan menetelmän tuottamiin tuloksiin, jonka vuoksi niiden kehitystyön tulee perustua tarkkaan harkintaan ja ymmärrykseen kategorioiden välisistä vaikutusmekanismeista.

Kirjallisuuskatsauksen ja esitettyjen tulosten kautta menetelmä osoittautui tehokkaaksi työkaluksi tietomallityöskentelyn arvioinnissa ja kehityksessä. Sen avulla pystyttiin arvioimaan tietomallityöskentelyn nykytaso ja osoittamaan sellaisia tekijöitä, joiden asemaa

tietomallityöskentelyssä ei aikaisemmin ollut täysin tunnistettu pääurakoitsijan toiminnoissa. Jatkokehityksenä menetelmän sisältämien kypsyystasojen kategoriakohtaisia kehityspolkuja voidaan ottaa osaksi organisaation kehityssuunnitelmia ja toimintamalleja. Tällaisissa tietomallihankkeissa toiminta hyödyntää lähtökohtaisesti parhaita käytäntöjä ja toimintatapoja, ja pyrkii aktiivisesti parantamaan toiminnan nykytilaa. Samassa yhteydessä voidaan arvioida menetelmän käyttöä lean-periaatteiden mukaisen jatkuvan parantamisen työkaluna.

Menetelmän käytölle on kaavailtu jatkoa tutkimukseen osallistuneen pääurakoitsijan tietomallitoimintojen kehityksessä, jossa menetelmän avulla tullaan tarkastelemaan tulevien hankkeiden tietomallityöskentelyn tehokkuutta ja kehitysnäkymiä. Uusien hankkeiden kohdalla suorituskyvyn uudelleenkartoituksella voidaan tarkastella sen hetkistä tietomallityöskentelyä ja arvioida tässä tutkimuksessa esitettyjen kehitystoimenpiteiden vaikutusta. Lisäksi menetelmän käytöllä voidaan osoittaa tulevien hankkeiden suorituskyvystä sellaisia kehityskohteita, joita nyt esitettyjen tulosten kautta ei pystytä ennakoimaan. Tässä tutkimuksessa haastatellut henkilöt arvelivat menetelmän olevan riippumaton hankkeessa käytetystä urakkamuodosta, jonka vuoksi uusissa menetelmän avulla suoritettavissa suorituskyvyn arvioinneissa voidaan tutkia esimerkiksi urakkamuodon, kohteen runkorakenteen tai projektihenkilöstön vaihtumisen vaikutuksia hankkeen tietomallityöskentelyn suorituskyvyn.

LÄHTEET

Abdullah, S. A., Sulaiman, N., Ahmad Latiffi, A., & David, B. 2014. Building information modeling (BIM) from the perspective of facilities management (FM) in Malaysia.

Autodesk Sustainability Workshop. 2013. [WWW]. [Haettu 25.3.2016]. Saatavilla: <http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/measuring-light-levels>

Azhar, S. 2011. Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241-252.

Bernstein, H. M., Jones, S. A., & Gudgel, J. E. 2010. The business value of BIM in Europe: Getting building information modeling to the bottom line in the United Kingdom, France and Germany. Bedford: McGraw-Hill Construction.

BIMe. 2016. [WWW]. [Haettu 12.4.2016]. Saatavilla: <http://bimexcellence.com/>

BIMStorm LA. 2008. [WWW]. [Haettu 20.5.2016]. Saatavilla: <http://www.bimstorm.com/i/LaStormScenario.php>

Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. 2013. The project benefits of building information modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7), 971-980.

buildingSMART 2016. [WWW]. [Haettu 19.4.2016]. Saatavilla: <http://www.buildingsmart.org/about/>

Center for Integrated Engineering. 2013. VDC and BIM Scorecard. [WWW]. [Haettu 5.6.2016]. Saatavilla: <http://vdcscorecard.stanford.edu>

Centre for the Protection of National Infrastructure. 2005. Risk Management and Accreditation of Information Systems. [WWW]. [Haettu 25.3.2016]. Saatavilla: http://www.cpni.gov.uk/documents/publications/2005/2005003-risk_management.pdf

Čuš-Babič, N., Rebolj, D., Nekrep-Perc, M., & Podbreznik, P. 2014. Supply-chain transparency within industrialized construction projects. *Computers in Industry*, 65(2), 345-353.

Deshpande, A., Azhar, S., & Amireddy, S. 2014. A framework for a BIM-based knowledge management system. *Procedia Engineering*, 85, 113-122.

Environmental Systems Research Institute. 2003. Spatial Data Standards and GIS Interoperability – An ESRI White Paper. [WWW]. [Haettu 10.6.2016]. Saatavilla <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/spatial-data-standards.pdf>

Giel B., McCuen T. L. 2014. Minimum BIM, 2nd Edition proposed revision. University of Oklahoma 9.1.2014. [Kalvosarja]. [Haettu 8.2.2016]. Saatavilla: https://c.ymcdn.com/sites/www.nibs.org/resource/resmgr/Conference2014/BI20140109_bSa_Giel.pdf

Gilley, A., McMillan, H. S., & Gilley, J. W. 2009. Organizational change and characteristics of leadership effectiveness. *Journal of leadership & organizational studies*, 16(1), 38-47.

Grilo, A., & Jardim-Goncalves, R. 2010. Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. *Automation in Construction*, 19(5), 522-530.

Hamdi, O., & Leite, F. 2012. BIM and lean interactions from the BIM capability maturity model perspective: A case study. In *Proceedings for the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.

Hannula, M., & Lönnqvist, A. 2002. Suorituskyvyn mittauksen käsitteet. *Metaliteollisuuden kustannus*.

Hannus, J., Lindroos, J. E., & Seppänen, T. 1999. Strateginen uudistuminen osaamisen ajan toimintaympäristössä: strategian, kyvykkyyksien ja rakenteiden murros. HM & V Research.

Heinonen J. 2006. Simulointi käytön tukena. Suomen Automaatioseuran Building Automation Forum in Finland 1.6.2006. [Kalvosarja]. [Haettu 1.3.2016]. Saatavilla: <http://slideplayer.biz/slide/1953532/>

Herbsleb, J., Zubrow, D., Goldenson, D., Hayes, W., & Paulk, M. 1997. Software quality and the capability maturity model. *Communications of the ACM*, 40(6), 30-40.

Hergunsel, M. F. 2011. Benefits of building information modeling for construction managers and BIM based scheduling. Väitöskirja, Worcester Polytechnic Institute.

Hirsjärvi, S., & Hurme, H. 2011. Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Gaudeamus Helsinki University Press, Helsinki.

Hirsjärvi, S., Remes, P., & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. Otavan Kirjapaino, Keuruu.

Howard, R., & Björk, B. C. 2008. Building information modelling–Experts’ views on standardisation and industry deployment. *Advanced Engineering Informatics*, 22(2), 271-280.

Hyytinen M., Jalas J., Uusitalo M. 2009. Tuotemallin hyödyntäminen huoltokirjassa. Pöyry Building Services Oy. [WWW]. [Haettu 26.2.2016]. Saatavilla: https://www.rakennustieto.fi/cobim/123711_v2_Huoltokirja_ja_BIM_Raportti_20090622_Poyry.pdf

Interactive Capability Maturity Model Version 2.0. 2012. [Excel]. [Haettu 8.3.2016]. Saatavissa <https://sites.google.com/site/bimperformeval/documents> -> Interactive_BIM_Capability_Maturity_Model_v_2_0_NBIMS.xls

Irizarry, J., Karan, E. P., & Jalaei, F. 2013. Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management. *Automation in Construction*, 31, 241-254.

Junka, T. 2003. Maailman kilpailukykyisin maa? Tuottavuus ja investoinnit Suomessa 1975-2000. Valtion taloudellinen tutkimuskeskus.

Järvinen, T., 2015. Talotekniikan integroidut suunnittelujärjestelmät. Granlund Oy. [Kalvosarja]. [Haettu 2.4.2016]. Saatavilla: <http://www.slideshare.net/TeroJrvinen/integroitu-suunnittelu-tietomallit-granlundilla>

Kam, C., Senaratna, D., McKinney, B., Xiao, Y., & Song, M. 2013. The VDC scorecard: Formulation and validation. Center for Integrated Facility Engineering: Stanford University.

Kamensky, M. 2014. Strateginen johtaminen. Menestyksen timantti. 4. painos. Talentum Media, Helsinki.

Kang, T. W., & Hong, C. H. 2015. A study on software architecture for effective BIM/GIS-based facility management data integration. *Automation in Construction*, 54, 25-38.

Koo, B., & Fischer, M. 2000. Feasibility study of 4D CAD in commercial construction. *Journal of construction engineering and management*, 126(4), 251-260.

Koskenvesa, A. 2010. Rakennustyön tuottavuus 1975-2010. Rakentajain Kalenteri 2011.

Lammervo, T. 2012. Palvelukeskeisen arkkitehtuurin mallit: neljän mallin tarkastelu. Diplomityö, Turun yliopisto.

Lehtiniemi, T. 2015. Uusien tuotannonohjausmenetelmien käyttöönotto korjausrakennushankkeessa. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto.

Maa- ja metsätalousministeriö. 2014. Kansallinen paikkatietostrategia 2016 - Paikkatiedon paikka. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 4/2014.

McCuen, T. L. 2008. Building information modeling and the interactive capability maturity model.. International Proceedings of the 44th Annual Conference. Associated Schools of Construction, 2.-5.4.2008 Auburn, Alabama.

McCuen, T. L., Suermann, P. C., & Krogulecki, M. J. 2011. Evaluating award-winning BIM projects using the national building information model standard capability maturity model. *Journal of Management in Engineering*, 28(2), 224-230.

Messner, J. 2011. BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.1. The Computer Integrated Construction Research Program (CIC), Penn State University.

Miettinen, R., & Paavola, S. 2014. Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. *Automation in construction*, 43, 84-91.

Morlhon, R., Pellerin, R., & Bourgault, M. 2015. Defining Building Information Modeling implementation activities based on capability maturity evaluation: a theoretical model. SciKA-Association for Promotion and Dissemination of Scientific Knowledge.

Mäläskä, M. 2015. Elinkaarihankkeen ylläpitomalli. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto.

NBIMS 2007. National Building Information Modeling Standard Version 1

NBIMS 2011. National Building Information Modeling Standard Version 2

NBIMS 2015. National Building Information Modeling Standard Version 3

Nour, M. 2009. Performance of different (BIM/IFC) exchange formats within a private collaborative workspace for collaborative work. *ITcon Vol. 14, Special Issue Building Information Modeling Applications, Challenges and Future Directions*, 736-752,

Nutt, B. 2000. Four competing futures for facility management. *Facilities*, 18(3/4), 124-132.

Paulk, M. C., Curtis, B., Chrissis, M. B., & Weber, C. V. 1993. Capability maturity model, version 1.1. *IEEE software*, 10(4), 18-27.

Porwal, A., & Hewage, K. N. 2013. Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. *Automation in Construction*, 31, 204-214.

Rakennusteollisuus. 2015. Suhdannekatus syksy 2015. [WWW]. [Haettu 12.3.2015]. Saatavilla: <http://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/suhdanteet-ja-tilastot/suhdannekatsaukset/2015/lokakuu-2015/rtsyksyn-suhdanne.pdf>

Rakennustietosäätiö 2013. Tietomallintamisen (BIM) käyttö Suomessa, Kyselyn tulokset. [WWW]. [Haettu 1.3.2016]. Saatavilla: <https://www.rakennustieto.fi/index/rakennustieto/tutkimus/6IzIzmpAR.html>

Rantanen, H., Holtari J. 1999. Yrityksen suorituskvyn analysointi. Tutkimusraportti, Lappeenrannan tekninen korkeakoulu.

Rueppel, U., & Stuebbe, K. M. 2008. BIM-based indoor-emergency-navigation-system for complex buildings. *Tsinghua Science & Technology*, 13, 362-367.

Sacks, R., & Partouche, R. 2009. Empire state building project: archetype of “mass construction”. *Journal of construction engineering and management*, 136(6), 702-710.

Salminen, J. 2005. Measuring performance and determining success factors of construction sites. Väitöskirja, Teknillinen korkeakoulu.

Salminen, J. 2006. Rakennustyömaan suorituskvyn mittaaminen ja kehittäminen. Rakentajain kalenteri 2006.

Seppänen, S. 2015. Tiedon kuvaus ja sarjallistaminen palvelukeskeisessä tietojärjestelmässä. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto.

Smith, D. K., & Tardif, M. 2012. Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers. John Wiley & Sons. 216 s.

Solibri 2016, About BIM and IFC. [WWW] [Haettu 15.3.2016]. Saatavilla: <http://www.solibri.com/support/bim-ifc/>

Strategic Building Innovation. 2016. [WWW]. [Haettu 12.4.2016]. Saatavilla: <https://www.sbi.international/>

Succar, B. 2009. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in construction*, 18(3), 357-375.

Succar, B. 2010. Building information modelling maturity matrix. *Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies*, IGI Global, 65-103.

Succar, B., Sher, W., & Williams, A. 2013. An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application. *Automation in Construction*, 35, 174-189.

Syrjälä, J. 2014. Pilvipalveluiden tietosuojan varmistaminen. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto.

Tekla. 2013. Uusi Oulu hyödyntää Tekla GIS-paikkatietojärjestelmää monipuolisesti. [WWW]. [Haettu 24.2.2016]. Saatavilla: <http://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/uutiset/uusi-oulu-hy%C3%B6dynt%C3%A4%C3%A4-tekla-gis-paikkatietoj%C3%A4rjestelm%C3%A4%C3%A4-monipuolisesti>

Van Looy, A., De Backer, M., & Poels, G. 2011. Defining business process maturity. A journey towards excellence. Total Quality Management & Business Excellence, 22(11), 1119-1137.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. 2012. [WWW]. [Haettu 6.7.2016]. Saatavilla: <http://www.buildingsmart.fi>

Haastattelurunko

Tietomallinnetun rakennushankkeen tietomallityöskentelyn arviointi

Haastattelun tarkoituksena on perehtyä hankkeen tietomallinnukseen ja käsitellä siinä tapahtuvaa tietomallityöskentelyä Interactive Capability Maturity Model-menetelmän avulla. Tavoitteena on I-CMM-menetelmän avulla kehittää pääurakoitsijan tietomallintamiseen liittyviä toimintatapoja tässä haastattelussa käsiteltyjen hankkeiden pohjalta.

Tietomallityöskentelyn arvioinnissa käytettävä I-CMM on rakentamisen tietomallinnusta varten kehitetty kypsyyssmalli, joka käsittelee tietomallityöskentelyä yhdentoista avainkategorian kautta. Nämä kategoriat on käsitelty I-CMM suorituskvyn arviointiosuudessa.

Haastateltavan tausta

Taustakysymysten avulla pyritään kartoittamaan haastateltavan kokemusta ja roolia hankkeessa. Lisäksi pyritään saamaan kuva edustetun yrityksen BIM-työskentelyn laajuudesta kyseisessä hankkeessa sekä hyödyntää haastateltavan omia vahvuuksia hankkeen suorituskvyn arvioinnissa.

Hankkeen arviointi

Kysymysten tukena käytetään I-CMM-asteikkoa, johon merkitään alustavat pisteytykset haastattelun pohjalta. Haastattelupisteytykset kootaan yhteen ja niistä muodostetaan hankkeen BIM-suorituskvyn kuvaava suorituskvyn arvio.

Haastattelurunko

Taustakysymykset

1. Nimi, yritys ja tehtävä
2. Oma työhistoria ja kokemus
3. Aikaisempien tietomallihankkeiden määrä
4. Tietomallien käyttö omassa työssä
5. Tietomallityöskentely hankkeessa
6. Tietomallityöskentelyn prosessikaavion täydentäminen

I-CMM suorituskvyn arviointi

7. Liite 2 – Hankkeen arviointi I-CMM-menetelmällä haastateltavan kanssa. Haastateltavan kokema valmius kategorioiden arviointiin.

Muuta

8. Mitä kehitettävää löydät hankkeen tietomallityöskentelystä?
9. Kuinka hanke eroaa aikaisemmista tietomallihankkeista joissa olet ollut mukana?
10. Kuinka koet nyt läpikäydyn I-CMM-menetelmän soveltuvan tietomallityöskentelyn suorituskvyn arviointiin tutkitussa hankkeessa?

Liite 2 I-CMM arviointikategoriat

Maturity Level	Data Richness	Tietosisällön runsaus
1	Choose this selection when you have established a BIM, but have only very basic data to load.	Tietomalli on käytössä, mutta sen sisältämä tietosisältö on erittäin varhaisessa vaiheessa.
2	As you become more advanced, additional data will be available and be entered. This is still early in the maturity.	Tietomallin sisältämä tietosisältö kasvaa ja uutta tietoa lisätään malliin. Tämä on vielä varhainen kypsyysvaihe.
3	At this point you are beginning to rely on the model for basic data.	Mallin sisältämään yleistietoon aletaan luottamaan.
4	This is the first stage when data is turned into information.	Tietomallin sisältämää tietoa muutetaan informaatioksi
5	The data is beginning to be accepted as authoritative and the primary source.	Tietomalliin ja sen sisältämään tietoon aletaan luottamaan määräävänä ja ensisijaisena tiedonlähteenä.
6	Some metadata is stored and information is typically best available.	Metatietoa sisällytetään malliin. Mallin sisältämä tieto on tyypillisesti parasta saatavilla olevaa.
7	Most users rely on information as reliable and authoritative; little additional data checking is required.	Suurin osa käyttäjistä luottaa informaatioon luotettavana ja määräävänä lähteenä. Tietomallin käyttö edellyttää vähäisiä mallin ulkopuolisia tarkastustoimenpiteitä
8	The information has metadata and is the authoritative source.	Informaatio sisältää metatietoa ja toimii määräävänä tietolähteenä työskentelylle.
9	Limited Knowledge Management implies that KM strategies are in place and authoritative information is beginning to be linked.	Tietämyksenhallinta on otettu käyttöön BIM-työskentelyssä ja määräävää informaatiota yhdistellään sen avulla.
10	Full Knowledge Management implies a robust and data-rich environment, with virtually all authoritative information loaded and linked together.	Kattava tietämyksenhallinta on käytössä. Datan rikkauteen pohjaavassa työskentely-ympäristössä käytännöllisesti katsoen kaikki määräävä tieto on linkitetty yhteen.

Tietosisällön runsauden arviointikriteerit

Data Richness – Refers to the degree to which a building information model encompasses the available information about a building. The scale ranges from individual pieces of unrelated data to information that is sufficiently comprehensive and authoritative to be regarded as corporate knowledge.

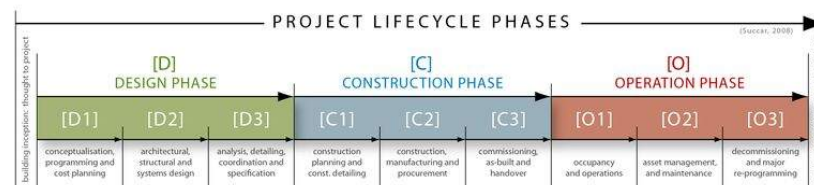
Liite 2 I-CMM arviointikategoriat

Maturity Level	Life Cycle Views	Elinkaaritarkastelut
1	Data is gathered as it is available but no single phase is authoritative or complete	Tietoa kerätään kun se on saatavilla. Yksikään mallivaihe ei ole määrävä tai kattava.
2	Since basic initial data is collected during planning and design, this is typically the first phase to be made available, but can be any phase such as construction	Alustavan suunnittelun aikana luotu tieto siirretään tietomalliin. Tietomallia hyödynnetään tyypillisesti joko suunnittelu- tai rakennusvaiheessa.
3	An additional phase is available; typically construction; however, the two phases do not necessarily need to be linked.	Tietomallia hyödynnetään kahdessa erillisessä vaiheessa. Vaiheiden välillä ei välttämättä tarvitse olla tiedonvälitystä.
4	A third phase is added, although information does not have to be flowing, it is assumed that some is.	Tietomallia hyödynnetään kolmessa vaiheessa. Tietomallien välillä ei tarvitse olla tiedonvälitystä, mutta voidaan olettaa että sitä tapahtuu.
5	A fourth phase of the facility life cycle is added and some information is flowing.	Tietomallia hyödynnetään neljässä vaiheessa. Mallien välillä tapahtuu osittaista tiedonvälitystä.
6	An additional phase is added and clearly information is flowing to operations from the design and construction phases.	Tietomallia hyödynnetään viidessä vaiheessa. Aikaisemmista vaiheista välitetään tietoa kiinteistön käyttöön.
7	Information collected during earlier phases is flowing to operations and sustainment.	Aikaisemmista vaiheista välitetään tietoa kiinteistön käyttöön ja ylläpitoon.
8	A cost model is supported and costs are linked to the information related to all phases. Life cycle costing can be performed.	Tietomallia voidaan hyödyntää kiinteistön kustannusmallin laadinnassa ja kustannusten arvioinnissa. Rakennuksen elinkaarikustannukset voidaan laskea mallin avulla.
9	All phases of the life cycle are supported and information is flowing between phases	Tietomallia hyödynnetään kaikissa hankkeen vaiheissa. Tietoa välitetään vaiheiden välillä.
10	External information is linked into the model and analysis can be performed on the entire ecosystem of the facility throughout its life.	Hankkeen ulkopuolista informaatiota yhdistetään malliin. Mallin avulla voidaan analysoida kiinteistöekosysteemiä pitkin sen elinkaarta.

Elinkaaritarkastelujen arviointikriteerit

Life Cycle views – Refers to the degree to which a building information model can be viewed and used appropriately by any players throughout the building life cycle who may have need of the data to execute their responsibilities. Scale presumes that building data originates in the planning and design phase of building life cycle, and measures the number of available views from early planning stages through facility management to portfolio managers, business managers and external users.

Esimerkki vaiheista elinkaaren aikana



Liite 2 I-CMM arviointikategoriat

Maturity Level	Roles or Disciplines	Tehtävät ja työryhmät
1	Roles apply to peoples jobs, and at his level no one's role is fully supported through the BIM	Hankkeen BIM-roolit vaikuttavat ihmisten työskentelyyn. Tällä tasolla tietomalli ei tue kenenkään työskentelyä täysivaltaisesti.
2	Roles apply to people's jobs, and at this level there is one person's role that is fully supported through the BIM	Tällä tasolla tietomalli tukee yhden työntekijän työskentelyä.
3	Roles apply to peoples jobs, and at this level there are at least two people's roles that are partially supported through the BIM but they still have to other products to accomplish their jobs.	Tällä tasolla tietomalli tukee osittain ainakin kahden työntekijän työskentelyä, mutta työntekijät joutuvat turvautumaan tehtävissään myös muihin työkaluihin.
4	Roles apply to people's jobs, and at this level there are at least two people's roles that are fully supported through BIM in that they do not have to go to other products to accomplish their jobs.	Tietomallinnus tukee täysin ainakin kahta ihmistä siten, ettei heidän tarvitse tehtävissään turvautua muihin työkaluihin.
5	People's jobs in planning and design are fully supported through the BIM in that they do not have to go to other products to accomplish their jobs.	Tietomallinnus tukee suunnittelutehtäviä siten, että suunnittelu voidaan suorittaa täysin mallipohjaisesti eikä tietomallin ohella ei tarvita muita työkaluja suunnittelutehtävien suorittamiseksi.
6	People's jobs in planning, design and construction are fully supported by through the BIM in that they do not have to go to other products to accomplish their jobs.	Suunnittelu- ja rakentamistehtävät voidaan suorittaa täysin mallipohjaisesti eikä tietomallin ohella ei tarvita muita työkaluja tehtävien suorittamiseksi.
7	People's jobs in planning, design, and construction are fully supported and operations and sustainment are partially supported through the BIM in that they do not have to go to other products to accomplish their jobs.	Suunnittelu- ja rakentamistehtävät voidaan suorittaa täysin mallipohjaisesti eikä tietomallin ohella ei tarvita muita työkaluja tehtävien suorittamiseksi. Käyttö- ja ylläpitotehtävät tukeutuvat osittain tietomalliin.
8	People's jobs in planning, design, construction and operations and sustainment are fully supported through the BIM in that they do not have to go to other products to accomplish their jobs.	Suunnittelu-, rakentamis-, käyttö- ja ylläpitotehtävät voidaan suorittaa täysin mallipohjaisesti eikä tietomallin ohella ei tarvita muita työkaluja tehtävien suorittamiseksi.
9	All facility related jobs throughout the life cycle of the facility rely solely on the BIM to accomplish their jobs.	Kiinteistöön liittyvät tehtävät koko sen elinkaaren aikana luottavat suorituksessaan tietomalliin.
10	All facility-related jobs both internal and external to the organization rely solely on the BIM to accomplish their jobs.	Sisäiset ja ulkoisten toimijoiden suorittamat kiinteistöön liittyvät tehtävät koko sen elinkaaren aikana luottavat suorituksessaan tietomalliin.

Roolien ja työryhmien arviointikriteerit

Roles or Disciplines – Refers to the number of building-related roles or disciplines that are accommodated in the modeling environment, and thus is a measure of how well information can flow from one to another. The scale recognizes that currently available modeling environments are unable to accommodate even one role or discipline fully. Like the Lifecycle Views, this scale presumes that building data originates in the planning and design phase and flows throughout to facility management and external users.

Liite 2 I-CMM arviointikategoriat

Maturity Level	Business Process	Toimintaprosessi
1	Business processes are not defined and therefore not used to store information in the BIM.	Toimintaprosesseja ei ole määritelty eivätkä ne tallenna informaatiota tietomalliin.
2	Few business processes are designed to collect information to maintain the BIM in the organization.	Jotkin toimintaprosessit on suunniteltu keräämään informaatiota tietomallin ylläpitämiseksi organisaatiossa.
3	Some business processes are designed to collect information to maintain the BIM in the organization.	Osa toimintaprosesseista on suunniteltu keräämään informaatiota tietomallin ylläpitämiseksi organisaatiossa.
4	Most business processes are designed to collect information to maintain the BIM in the organization.	Pääosa toimintaprosesseista on suunniteltu keräämään informaatiota tietomallin ylläpitämiseksi organisaatiossa.
5	All business processes are designed to collect information as they are performed.	Kaikki toimintaprosessit ovat suunniteltu keräämään informaatiota suorituksen aikana.
6	All business processes are designed to collect information as they are performed but few are capable of maintaining information in the BIM.	Kaikki toimintaprosessit ovat suunniteltu keräämään informaatiota suorituksen aikana, mutta harvat niistä pystyvät ylläpitämään informaatiota tietomallissa.
7	All business processes are designed to collect information as they are performed and some are capable of maintaining information in the BIM	Kaikki toimintaprosessit ovat suunniteltu keräämään informaatiota suorituksen aikana. Osa niistä pystyy ylläpitämään informaatiota tietomallissa.
8	All business processes are designed to collect information as they are performed and all are capable of maintaining information in the BIM	Kaikki toimintaprosessit ovat suunniteltu keräämään informaatiota suorituksen aikana ja ne pystyvät ylläpitämään informaatiota tietomallissa.
9	All business processes are designed to collect information as they are performed and some maintain data in real time.	Kaikki toimintaprosessit ovat suunniteltu keräämään informaatiota suorituksen aikana. Osa niistä pystyy ylläpitämään informaatiota tietomallissa reaaliaikaisesti.
10	All business processes are designed to collect and maintain data in real time.	Kaikki toimintaprosessit ovat suunniteltu keräämään informaatiota suorituksen aikana ja ne pystyvät ylläpitämään informaatiota tietomallissa reaaliaikaisesti.

Toimintaprosessien arviointikriteerit

Business Process – Refers to the degree to which business processes are designed and implemented to capture information routinely in the building information model as an integral part of each business process.

- Long term metric for BIM
- Compilation of information as an integral part of business process is achieved at no additional cost

Liite 2 I-CMM arviointikategoriat

Maturity Level	Timeliness and response	Täsmällisyys ja hakuvaste
1	Information is re-collected when needed to respond to a question. The process is slow and un-automated and has to be reinvented each time a question is asked.	Informaatio kerätään uudelleen jokaisen kysymyksen kohdalla. Manuaalinen hakuprosessi on hidas ja se täytyy aloittaa alusta jokaisen kysymyksen kohdalla.
2	Most of the information needed to respond to a question must be collected to respond to a question. However there is an awareness of how to obtain that information.	Suurin osa informaatiosta täytyy kerätä uudelleen vastauksen saamiseksi. Tiedonkeräys alkaa suoraan oikeasta paikasta.
3	Most information is in the BIM; however, many responses to data calls involve collection of data, which is then stored to BIM.	Tietomalli sisältää suurimman osan informaatiosta, mutta useisiin kysymyksiin tarvitaan sen ulkopuolista informaatiota. Ulkopuolelta haettu informaatio tallennetaan tietomalliin.
4	Information is stored in the BIM and many data calls can be answered with information that is already in BIM.	Informaatio tallennetaan tietomalliin ja suurimpaan osaan kysymyksistä voidaan vastata tietomallilla.
5	A significant portion of the response information related to a facility is stored in the BIM.	Huomattavaan osaan rakennukseen liittyvistä kysymyksistä voidaan vastata tietomallilla.
6	Responses to data calls related to the facility are primarily stored in the BIM.	Suurimpaan osaan rakennukseen liittyvistä kysymyksistä voidaan vastata tietomallilla.
7	All emergency response information is in the BIM and that is considered the primary source of accurate information.	Hätätilanteissa tarvittava informaatio tallennetaan tietomalliin. Tietomalli toimii tarkan informaation ensisijaisena lähteenä.
8	Information stored in a BIM is available real time and although not from a live feed. Processes are in place to maintain its accuracy.	Tietomalliin tallennettu tieto on saatavilla reaaliajassa. Mallin tietosisällön tarkkuutta valvotaan.
9	The information is stored in a BIM and is current enough to be a reliable source for information in an emergency.	Tietomalliin tallennetun informaation taso on riittävän tarkkaa käytettäväksi onnettomuustilanteissa.
10	Information is continually updated and available from live feed to sensors. Responses to questions are almost immediate and are accurate and relational.	Tietomallia päivitetään jatkuvasti mitta-antureiden lähettämän tiedon perusteella. Hakutulokset ovat lähes välittömiä, tarkkoja ja yhteydessä todellisiin olosuhteisiin.

Täsmällisyyden ja hakuvasteen arviointikriteerit

Timeliness and response – Measures the degree to which BIM information is sufficiently complete, up-to-date and accessible to users throughout the life cycle.

Liite 2 I-CMM arviointikategoriat

Maturity Level	Delivery method	Jakelukäytäntö
1	The BIM is only accessible from a single workstation and has no information assurance built in it.	Tietomalli on käytettävissä yhdellä tietoaemalla, eikä sen käyttöön liity tiedonvarmennuskäytäntöjä.
2	The BIM is not on a network but there is control over who can access the BIM.	Tietomalli ei sijaitse verkossa, mutta sen käyttäjäkuntaa pystytään hallitsemaan.
3	The BIM is on a network and there is a basic password control over data entry and retrieval.	Tietomalli sijaitsee verkkoasemalla. Mallin käyttöoikeus on rajattu salasanalla.
4	The BIM is on a network and there is control over data entry and retrieval.	Tietomalli sijaitsee verkkoasemalla. Mallin käyttöoikeuksia hallitaan.
5	The BIM is in a limited Web environment typically found in a single office environment; IA is not in place to control data entry or retrieval.	Tietomalli sijaitsee rajatussa verkkoympäristössä jossa ei ole käytössä tiedonvarmennuskäytäntöjä. Verkkoympäristö on tyypillisesti yhden hankeosapuolen käytössä.
6	The BIM is web enabled but IA is not in place, although there is some control to access of the information. This environment would be found in a single office/company.	Tietomalli sijaitsee rajatussa verkkoympäristössä jonka käyttöoikeuksia pystytään jossain määrin kontrolloimaan. Tiedonvarmennuskäytäntöjä ei ole käytössä. Verkkoympäristö on tyypillisesti yhden hankeosapuolen käytössä.
7	The BIM is in a web environment so multiple people can operate it and there is role-based IA manually controlled.	Tietomalli sijaitsee verkkoympäristössä, jossa useat henkilöt pystyvät työskentelemään sen parissa. Manuaalisesti hallittavat, roolipohjaiset tiedonvarmennuskäytännöt ovat käytössä.
8	The BIM is in a Web-enabled environment and is considered secure. It is not in a SOA.	Tietomalli sijaitsee turvatussa verkkoympäristössä. Tietomallin käyttö ei perustu avoimeen SOA-ohjelmistoarkkitehtuuriin.
9	The BIM is in a netcentric Web environment and is served up as a service in a service-oriented architecture and CAC enabled but roles must be managed manually.	Tietomalli sijaitsee verkostokeskeisessä verkkoympäristössä. Tiedonvarmennusmenetelmät perustuvat manuaalisesti ylläpidettyyn kulkukorttipohjaiseen valvontaan.
10	The BIM is in a netcentric Web environment and is served up as a service in a service-oriented architecture and CAC enabled to enter and access information.	Tietomalli sijaitsee verkostokeskeisessä verkkoympäristössä. Tiedonvarmennusmenetelmät perustuvat kulkukorttipohjaiseen valvontaan.

Jakelukäytännön arviointikriteerit

Delivery Method – Refers to the degree of the robustness of the IT environment to support data exchange and information assurance.

Information Assurance - Tietojen turvaamisella tarkoitetaan viestintä- ja tietojärjestelmien alalla varmuutta siitä, että kyseiset järjestelmät suojaavat tiedot, joita niissä käsitellään, ja toimivat tarkoituksenmukaisella tavalla, oikeaan aikaan ja oikeutettujen käyttäjien valvonnassa. Tehokkaalla tietojen turvaamisella varmistetaan luottamuksellisuuden, eheyden, käytettävyyden, kiistämättömyyden ja aitouden asianmukainen taso.

SOA – Service-Oriented-Architecture - Palvelupohjainen ohjelmistoarkkitehtuuri

CAC – Common Access Card – Yhdysvaltalainen kulkukorttiformaatti

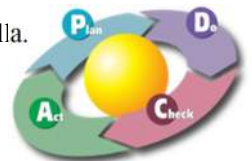
Liite 2 I-CMM arviointikategoriat

Maturity Level	Change Management	Muutosjohtaminen
1	No change management process awareness is evident, nor has it been implemented in the organization.	Muutosjohtamista ei esiinny eikä sen käyttöönottoa ole aloitettu.
2	There is an early awareness of the need for business process definition and change management in the organization, although implementation is not yet initiated.	Toimintaprosessien määrittämisen ja muutostarpeiden selvittämisen tarve on tunnistettu. Muutosprosessien käyttöönottoa ei ole aloitettu.
3	Early implementation of business process definition is underway, there is an early awareness of the need for business process definition, and there is an awareness of change management and the need for root cause analysis in the organization.	Toimintaprosessin määrittelyn tarve on tiedostettu ja toimintaprosessin määrittely käynnistetty. Muutosjohtamisen ja juurisyyanalyysin tarve on tiedostettu.
4	Business processes are in place and there is an understanding of the full change management requirement to include root cause analysis and implementation of a feedback loop.	Toimintaprosessit on määritelty. Juurisyyanalyysin ja palautteen keräämisen tarve muutoksen johtamisessa ymmärretään.
5	Business processes are in place and the organization has begun implementing change management procedures.	Toimintaprosessit on määritelty. Muutosjohtamisen käyttöönotto on aloitettu.
6	Business processes are in place and early change management processes are identifying changes, but no process is in place to make the changes.	Toimintaprosessit on määritelty. Toiminnan muutostarve tunnistetaan mutta tarvittavia muutoksia ei pystytä panemaan toimeen.
7	Early implementation of change management is in place and some processes are being maintained through a root cause analysis process.	Muutosjohtamisen käyttöönotto on aloitettu ja osaa prosesseista ylläpidetään juurisyyanalyysien avulla.
8	Implementation of a change management is in place and is beginning to be exercised, but is not fully endorsed by all participants.	Muutosjohtamista otetaan käyttöön, mutta se kohtaa muutosvastarintaa.
9	The change management processes are in place, but are not efficient, and typically take more than 48 hours.	Toimintaa ohjataan muutosjohtamisen avulla. Muutosten toteutus ei ole tehokasta, ja muutoksen läpivienti kestää tyypillisesti yli kaksi vuorokautta.
10	A mature and fully operational change management process is in place and process changes are implemented within 48 hours.	Toimintaa ohjataan vahvalla muutosjohtamisella. Muutoksen läpivienti kestää tyypillisesti alle kaksi vuorokautta.

Muutosjohtamisen arviointikriteerit

Change Management – Refers to the degree to which an organization has developed a documented methodology for changing its business processes. Whenever a business process is found to be flawed or in need of improvement, a formal, documented process is followed that begins with a root cause analysis followed by a modification of the business process based on the analysis and finally feedback loop to assess the effectiveness of the change.

Change Management – Muutosjohtaminen – Toiminnan suunnittelu, toteuttaminen, tarkistus ja korjaaminen (PDCA-sykli) sekä jatkuva parantaminen näiden avulla.



Liite 2 I-CMM arviointikategoriat

Maturity Level	Graphical information	Graafinen informaatio
1	There is no graphics in the BIM, only text.	Tietomalli koostuu tekstistä eikä sillä ole graafista BIM-esitystä.
2	2D drawings are stored in the BIM but there is no interaction with the information. The drawings were not developed by NCS.	Kaksiulotteiset piirustukset tallennetaan tietomalliin mutta ne eivät kommunikoi keskenään. Piirustukset eivät noudata suunnittelustandardeja.
3	The drawings stored were developed with NCS yet are still non-intelligent and not object oriented.	Piirustukset eivät ole älykkäitä eivätkä koostu objekteista. Piirustukset noudattavat kansallisia suunnittelustandardeja.
4	The drawings are 2D but are intelligent – a wall recognizes itself as a wall with properties but they are as designed and not as built.	Kaksiulotteiset piirustukset ovat älykkäitä – seinä tunnistetaan seinäksi sille määritettyjen ominaisuuksien pohjalta. Suunnitelmat ovat as-designed.
5	The drawings are 2D but are intelligent – a wall recognizes itself as a wall with properties but they are as built but not current.	Kaksiulotteiset piirustukset ovat älykkäitä – seinä tunnistetaan seinäksi sille määritettyjen ominaisuuksien pohjalta. Suunnitelmat ovat as-built mutta eivät ajantasaisia.
6	The drawings are 2D but are intelligent – a wall recognizes itself as a wall with properties and they are current.	Kaksiulotteiset piirustukset ovat älykkäitä – seinä tunnistetaan seinäksi sille määritettyjen ominaisuuksien pohjalta. Suunnitelmat ovat as-built ja ajantasaisia.
7	The drawings are 3D object based and have intelligence.	Piirustukset ovat älykkäitä ja perustuvat kolmiulotteisten objektien käyttöön.
8	The drawings are 3D object based and have a process to in place to keep them current.	Piirustukset perustuvat kolmiulotteisten objektien käyttöön ja niiden ajantasaisuutta valvotaan.
9	Time phasing has been added to the drawings so that one can see the historical elements as well as being able to project the project into the future.	Piirustukset sisältävät aikainformaatiota rakennushankkeesta. Piirustuksia tarkastelemalla voidaan seurata hankkeen toteumahistoriaa sekä tulevia tapahtumia.
10	The drawings stored in the BIM are intelligent and object-based and include time and cost information.	Piirustukset ovat älykkäitä ja objektipohjaisia. Ne sisältävät aikataulu- ja kustannusinformaation.

Graafisen informaation arviointikriteerit

Graphical Information – Refers to the degree of sophistication or embodied intelligence of graphical information.

Liite 2 I-CMM arviointikategoriat

Maturity Level	Spatial Capability	Sijoittumistieto
1	The facility is not spatially located using GPS or GIS.	Kiinteistön paikkaa ei ole mitattu GPS:llä tai paikkatietojärjestelmällä
2	A basic location has been established using GPS so that one can locate the facility spatially.	Kiinteistön paikka on mitattu GPS:llä niin että rakennus voidaan paikantaa.
3	The facility is recognized in a worldview spatially but no information is shared between the BIM and GIS.	Rakennuksen sijoittuminen tunnetaan, mutta informaatiota ei vaihdeta tietomallin ja paikkatietojärjestelmän välillä.
4	The facility is spatially located and some information can be shared between the BIM and GIS.	Rakennuksen sijoittuminen tunnetaan tarkasti ja jotain informaatiota voidaan vaihtaa paikkatietojärjestelmän ja tietomallin välillä.
5	The facility is spatially located and information can be shared with the GIS environment although it is not integrated and interoperable.	Rakennuksen sijoittuminen tunnetaan tarkasti ja informaatiota voidaan vaihtaa paikkatietojärjestelmän ja tietomallin välillä. Tiedonvaihtoa ei voida suorittaa automaattisesti.
6	The facility is located spatially and there is full information sharing between the BIM and GIS.	Rakennuksen sijoittuminen tiedetään ja informaatiota vaihdetaan paikkatietojärjestelmän ja tietomallin välillä.
7	The BIM has been partially integrated into the GIS environment.	Tietomalli on osittain integroitu paikkatietojärjestelmään.
8	Information from the BIM is recognized on a limited basis by the GIS.	Tietomallin informaatio tunnistetaan rajatusti paikkatietojärjestelmässä.
9	Information from the BIM is partially recognized by the GIS environment and some metadata is available.	Tietomallin informaatio tunnistetaan osittain paikkatietojärjestelmässä. Metatietoa on saatavilla.
10	Information from the BIM is fully recognized by the GIS environment, including full metadata interaction	Tietomallin informaatio tunnistetaan täysin paikkatietojärjestelmässä myös metatiedon osalta.

Sijoittumistiedon arviointikriteerit

Spatial Capability – Refers to the degree to which the building information model is spatially located in the real world according to Geographic Information Systems standards.

- Energy design and analysis
- Authoritative coordination with infrastructure
- Timely response by emergency responders

Liite 2 I-CMM arviointikategoriat

Maturity Level	Information Accuracy	Informaation tarkkuus
1	There is no ground truth and information is simply loaded into the system manually or unverified electronically.	Tietomallin sisältämä informaatio ei pidä paikkaansa. Tietosisältöä ei tarkasteta elektronisesti.
2	There is some electronic validation of information for internal spaces.	Osa sisätilojen informaatiosta tarkastetaan elektronisesti.
3	Space is calculated electronically and not stored as a separate data element for internal spaces.	Tilat lasketaan elektronisesti tietomallista eikä niitä tallenneta erillisenä tieto-ominaisuutena.
4	Internal spaces are identified electronically and some outside information is electronically calculated.	Sisätilat tunnistetaan elektronisesti ja jotain ulkopuolisten tilojen informaatiosta lasketaan elektronisesti.
5	Many spaces and items are identified electronically yet some items are still entered manually, both internally and externally.	Suuri osa tietomallin tiloista ja kappaleista tunnistetaan elektronisesti rakennuksen ulko- ja sisäpuolella. Jäljelle jäävät informaatio syötetään käsin.
6	All internal and external spaces are identified electronically.	Kaikki sisäiset ja ulkoiset tilat tunnistetaan elektronisesti.
7	Internal spaces are computed electronically and some outside information is electronically calculated.	Sisätilat voidaan laskea tarkasti elektronisesti. Osa ulkotiloista lasketaan elektronisesti.
8	All units are calculated electronically and reported. If a polygon changes shape, then the updated information flows through the model.	Kaikki määrät lasketaan ja raportoidaan elektronisesti. Jos objektia muutetaan, päivittynyt informaatio siirtyy laskentaan.
9	All internal and external areas are computed and some metrics have been established to track compliance.	Kaikki ulkoiset ja sisäiset määrät lasketaan tarkasti elektronisesti ja mallin vaatimustenmukaisuutta seurataan.
10	All spaces are calculated automatically and metrics are used to ensure information is available and accurate.	Kaikki tilat lasketaan automatisoidusti ja informaation saatavuutta ja tarkkuutta valvotaan.

Informaation tarkkuuden arviointikriteerit

Information Accuracy – Measures the degree to which information reflects real-world conditions.

Liite 2 I-CMM arviointikategoriat

Maturity Level	Interoperability and IFC support	Yhteentoimivuus ja IFC-tuki
1	There is no interoperability between software programs. Information is reloaded for each application.	Ohjelmat eivät toimi yhteen. Informaatio joudutaan syöttämään kuhunkin ohjelmistoon erikseen.
2	There is some interoperability but it is not automatic or seamless. Information may be cut-and-paste at this level of maturity.	Osa ohjelmista toimii yhteen jollakin tasolla, mutta yhteentoimivuus ei ole automaattista tai saumatonta. Informaation siirto ohjelmien välillä voi tapahtua leikkaa-liimaa-tasolla.
3	There is some machine-to-machine flow of information but it is not common or the norm; it is still the exception.	Osa laitteista vaihtaa informaatiota keskenään. Yhteentoimivuus ei ole sääntö vaan poikkeus.
4	Information is flowing between COTS products, often by using products from the same vendor. The interfaces are likely proprietary.	Informaatio vaihtuu yleensä saman valmistajan kaupallisten ohjelmistojen välillä. Ohjelmistojen väliset rajapinnat voivat asettaa rajoituksia tietomallin hyödyntämiselle.
5	In this level of maturity, information is transferred between COTS products typically from the same vendor, but not all applications are supported.	Informaatio vaihtuu yleensä saman valmistajan kaupallisten ohjelmistojen välillä. Kaikkia ohjelmistoja ei tueta.
6	There are good machine-to-machine linkages at this level of maturity and information interoperability is the norm.	Laitteet vaihtavat informaatiota keskenään. Informaation yhteentoimivuus on normaalikäytäntö.
7	Industry Foundation Classes are used on a limited basis for interoperability with some software packages.	IFC-standardia käytetään rajatusti tiedonsiirtoon joidenkin ohjelmistojen välillä.
8	IFC use is becoming more commonplace yet is still less often used than other approaches.	IFC-standardin käyttö on lisääntynyt, mutta useimmiten tiedonsiirto tapahtuu muulla tavalla.
9	IFC use is the norm, but exclusively used to attain interoperability. One would expect about 70-90% IFC-based interoperability.	IFC-standardi yhteentoimivuudessa on normaalikäytäntö. Vajaa kolmannes tiedonsiirrosta tapahtuu muulla tavalla.
10	At this level of maturity, IFCs are fully implemented and used for interoperability.	IFC-standardi on käytössä yhteentoimivuuden takaamiseksi.

Yhteentoimivuuden ja IFC-tuen arviointikriteerit

Interoperability/IFC support – Measures the degree to which data can be reliably exchanged among software applications using the open-standard Industry Foundation Classes.